



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

Lisa Sophie Runge

Besteht ein Zusammenhang zwischen der Zartheit der Hähnchenbrust und der des Hähnchenoberschenkels?

Bachelorarbeit im wissenschaftlichen Studiengang Agrarwissenschaften an der
Georg-August-Universität Göttingen

Fakultät für Agrarwissenschaften

Angefertigt im Department für Nutztierwissenschaften in den Abteilungen
Züchtungsinformatik und Produktqualität tierischer Erzeugnisse

Matrikelnummer: 21547819

Studienrichtung: Agribusiness

Erstprüfer: Prof. Dr. Armin Schmitt

Zweitprüfer: Dr. Johanna Mörlein

Abgabetermin: 07.08.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturteil	2
2.1	Die Zartheit als Qualitätsmerkmal für Hähnchenfleisch	2
2.2	Die verschiedenen Methoden der Zartheitsmessung von Hähnchenfleisch	4
3	Forschungsfragen	9
4	Material und Methoden	11
4.1	Herkunft der Schlachtkörper	11
4.2	Kochvorgang: Wasserbad	11
4.3	Messung der Zartheit: Meullenet Owens Razor Shear	14
4.4	Datenverwaltung.....	16
4.5	Plausibilitätskontrolle	17
4.6	Statistische Analyse	18
5	Ergebnisse und Diskussion	25
5.1	Deskriptive Übersicht	25
5.2	Vergleich der ursprünglichen und der angepassten Scherkraft.....	32
5.3	Forschungsfrage 1: Zusammenhang zwischen der Zartheit der Hähnchenbrust und der des Hähnchen Oberschenkels	34
5.4	Forschungsfrage 2: Anzahl der Schnitte pro Messer	36
5.5	Forschungsfrage 3: Anzahl der Schnitte pro Probe	39
6	Fazit	41
7	Literaturverzeichnis	42
8	Anhang	46
	Erklärung	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht von verschiedenen Probenteilen zum Messen der Zartheit an Hähnchenfleisch aus 25 Versuchen zur Qualität von Hähnchenfleisch.....	4
Tabelle 2: Übersicht von verschiedenen Methoden zum Kochen des Probenmaterials aus 25 Versuchen zur Qualität von Hähnchenfleisch.....	6
Tabelle 3: Übersicht von verschiedenen Methoden zur Zartheitsmessung aus 25 Versuchen zur Qualität von Hähnchenfleisch	8
Tabelle 4: Übersicht über die zur Verfügung stehenden Variablen.....	16
Tabelle 5: Übersicht der deskriptiven Analyse der Scherkraft	26
Tabelle 6: Übersicht der deskriptiven Analyse der Scherkraft der einzelnen Wasserbäder.	28
Tabelle 7: Übersicht der deskriptiven Analyse der Scherkraft der einzelnen Messer	29
Tabelle 8: Übersicht der deskriptiven Analyse der Scherkraft der einzelnen Schnitte pro Probe.....	31
Tabelle 9: Übersicht der deskriptiven Analyse der Scherkraft der einzelnen Proben.....	33
Tabelle 10: Ergebnisse der originalen und angepassten Scherkraft in Abhängigkeit zu den Messern und den Wasserbädern. Analysiert mit einem linearen Regressionsmodell.....	34
Tabelle 11: Ergebnisse der Auswertung der einzelnen Schnitte pro Messer in Abhängigkeit der Probenart.....	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zerlegung des Schlachtkörpers, Proben Hähnchenbrust und -keule ohne Haut, Karkasse mit Flügeln	12
Abbildung 2: Vakuumierte Proben in Siegelrandbeuteln mit Beschriftung	12
Abbildung 3: Positionierung der Proben im Gittergerüst im großen Wasserbad	13
Abbildung 4: Messung der Zartheit mit MORS-Klinge an Hähnchenkeule	14
Abbildung 5: Hähnchenkeule ohne Haut mit herausgelösten M. iliotibialis.....	15
Abbildung 6: Hähnchenbrust und -keule mit Markierungen der gesetzten Schnitte.....	16
Abbildung 7: Gewichtsverteilung der Hähnchen in Kilogramm.....	25
Abbildung 8: Verteilung der Scherkraft auf die Proben aufgeteilt	26
Abbildung 9: Verteilung der Scherkraftwerte in Abhängigkeit des genutzten Wasserbades	28
Abbildung 10: Verteilung der Scherkraftwerte auf die jeweiligen Messer	29
Abbildung 11: Verteilung der Scherkraft der einzelnen sechs Schnitte pro Probe.....	30
Abbildung 12: Median der Scherkraft der einzelnen Schnitte pro Probe.....	32
Abbildung 13: Originale und angepasste Scherkraft der einzelnen Messer im Vergleich ..	33
Abbildung 14: Originale und angepasste Scherkraft der beiden Wasserbäder im Vergleich	34
Abbildung 15: Mittelwerte der angepassten Scherkraft der Hähnchenbrust und -keule pro Tier im Vergleich	35
Abbildung 16: Mittelwerte der angepassten Scherkraft pro Tier im Vergleich von Brust und Keule mit einem 95 % Konfidenzintervall	36
Abbildung 17: Angepasste Scherkraft der einzelnen durchgeführten Schnitte, aufgeteilt nach den Messern 1- 4.....	37
Abbildung 18: Angepasste Scherkraft der einzelnen Schnitte der Messer 1 - 3, Regressionsgeraden zu den ersten 99 Schnitten und den folgenden 99 Schnitten	38
Abbildung 19: Angepasste Scherkraft der einzelnen Schnitte pro Probe.....	39

Abkürzungsverzeichnis

AK	Allo-Kramer shear
ATP	Adenosintriphosphat
BL	Breast left (linke Hähnchenbrust)
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BR	Breast right (rechte Hähnchenbrust)
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
g	Gramm
G	Wasserbad, groß
H_0	Null-Hypothese
H_A	Alternativ-Hypothese
K	Wasserbad, klein
kg	Kilogramm
LL	Leg left (linke Hähnchenkeule)
LR	Leg right (rechte Hähnchenkeule)
MORS	Meullenet-Owens Razor shear
M.	Musculus
mm	Millimeter
min	Minute
mm/s	Millimeter/Sekunde
N	Newton
Nr.	Nummer
p	p-Wert
p. m.	Post mortem
pps	Punkte pro Sekunde
V	Volt
WB	Warner-Bratzler shear
z.B.	zum Beispiel
°C	Grad Celsius
%	Prozent
α	Signifikanzniveau

1 Einleitung

In den letzten Jahren ist laut der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) der Konsum von Hähnchenfleisch enorm angestiegen. Um den steigenden Bedarf zu decken, hat sich die Menge an geschlachteten Hähnchen in den letzten 20 Jahren mehr als verdoppelt. Dazu wurde die Produktion von Hähnchenfleisch stark spezialisiert, die Züchtung hat sich auf hohe Gewichtszunahmen und eine gute Futtermittelverwertung konzentriert (BLE 2019). Bei der Zucht sollte allerdings nicht die hohe Verbrauchererwartung und damit der Genusswert des Fleisches außer Acht gelassen werden. Als Qualitätsmerkmale von Hähnchenfleisch werden neben den ethischen Hintergründen, wie die Haltung und Fütterung der Tiere, vor allem sensorische Qualitätsmerkmale berücksichtigt. Darunter zählen die Farbe, das Aroma und die Zartheit. Vor allem die Zartheit wird als ein wichtiges Qualitätsmerkmal befunden (YU et al. 2005). Eine einheitliche Vorgehensweise zur instrumentellen Messung der Zartheit bei Hähnchenfleisch wurde bis dato nicht festgelegt. Um die Zartheit zu bestimmen wird in der Regel an einer vorab erhitzten Probe mit einer Klinge die Scherkraft ermittelt. Dazu wurde in der Vergangenheit meistens das wertvolle Teilstück, die Hähnchenbrust, verwendet. In nur wenigen Fällen die Hähnchenkeule.

In der vorliegenden Arbeit wird der Frage nachgegangen, ob sich die Hähnchenkeule zur Messung der Zartheit eignet und ob ein Zusammenhang in der Zartheit dieser beiden Teilstücke Hähnchenbrust und -keule besteht. Im Zuge der Untersuchung wurde eine Methodik zur Messung der Zartheit an dem Oberschenkelmuskel *M. iliotibialis* entwickelt. Zusätzlich wurde die Abnutzung der Klinge zur Messung der Scherkraft und die Anzahl der benötigten Schnitte pro Probe analysiert.

2 Literaturteil

2.1 Die Zartheit als Qualitätsmerkmal für Hähnchenfleisch

Um Unterschiede zwischen verschiedenen Produkten feststellen und um diese miteinander zu vergleichen zu können, wird die Qualität über verschiedene Merkmale dieses Produktes bestimmt.

Für Qualität gibt es verschiedenste Definitionen. Diese sind abhängig davon, um welche Art von Produkten es sich handelt oder aus welchem Blickwinkel die Qualität betrachtet wird, aus Sicht des Konsumenten oder aus Sicht der Produzenten. Von LAWLESS und HEYMANN (1998) wird zum Beispiel Qualität als Zusammensetzung der Attribute definiert, welche den Grad der Anziehung für ein Produkt bestimmt.

Zur Qualitätsbestimmung von Lebensmitteln können sowohl objektive als auch subjektive Kriterien herangezogen werden. Subjektive Kriterien sind sensorische Merkmale, welche von ausgebildeten Testern bestimmt werden. Darunter fällt unter anderem sowohl die Zartheit des Produktes, als auch die Farbe, die Saftigkeit und der Geschmack. Bei den objektiven Kriterien werden auch die physikalischen Merkmale des Produktes betrachtet. Dabei wird neben anderen Qualitätsmerkmalen auch die Zartheit in Form der Scherkraft mit einem dafür ausgelegten Gerät getestet (MÖRLEIN 2018).

Die Zartheit kann durch viele verschiedene Faktoren wie die Haltung, Fütterung, Mastdauer, Transport, Schlachttechnologie, Kühlung, Lagerung und Erhitzen beeinflusst werden kann (RISTIC 1984). Ante mortale Einflussfaktoren, wie z.B. die Haltung, Genetik oder Mastdauer werden in dieser Arbeit nicht weiter untersucht.

Bisher wurde in der Forschung noch kein Begriff, welcher die Eigenschaften des Fleisches bestimmt, eingeführt. Allerdings wird durch die Bestimmung der Konsistenz oder der Textur eine Charakterisierung des Fleisches ermöglicht (SIELAFF 1996). Hierbei ist die Textur ein Maß für die Zartheit oder auch Zähigkeit von Fleisch, während die Textur als eines der wichtigsten sensorischen Merkmale für Hähnchenfleisch gilt. Dazu wird die Struktur der Muskelfasern instrumentell bestimmt (PETRACCI & BAÉZA 2011).

Die Textur von Fleisch wird vorwiegend durch Muskelfasern bestimmt, welche durch Bindegewebe im Muskel miteinander verbunden sind. Die Muskelfasern können unterschiedlich lang sein, aber auch unterschiedliche Durchmesser aufweisen, je nachdem für welche Art von Bewegung der Muskel vorgesehen ist. Eine Muskelfaser besteht aus mehreren Myofibrillen, welche aus dicken und dünnen Filamenten zusammengesetzt sind. Die dicken Filamente bestehen aus dem Protein Myosin, die Dünne aus dem Protein Actin

und Troponin. Die Filamente liegen parallel, aber versetzt zueinander und sind für die Kontraktion der Muskeln verantwortlich. Das Myosinköpfchen geht dazu eine Verbindung mit dem Actin ein, dadurch ziehen sich die Filamente zusammen. Durch Adenosintriphosphat (ATP) kann diese Verbindung wieder gelöst werden und der Muskel entspannt sich wieder (LOEFFLER & GÄBEL 2015).

Nach der Schlachtung eines Tieres liegen die Actin- und Myosinfilamente einzeln vor, solange genügend ATP zur Lösung der Verbindung verfügbar ist. Ist das ATP aufgebraucht, verknüpfen sich Actin und Myosin irreversibel und es kommt zur sogenannten Totenstarre (Rigor mortis). Diese hält je nach Tierart und Umgebungstemperatur zwischen einer bis 30 Stunden vor (STIEBING et al. 2011). Nach dem sich die Rigor mortis gelöst hat, beginnt die Fleischreifung. Dabei erweicht das Fleisch wieder und bildet sein Aroma aus. Die Geschwindigkeit der Fleischreifung lässt sich vor allem durch die Lagertemperatur beeinflussen. Je höher die Temperatur, umso schneller verläuft die Reifung. Aus hygienischen Gründen wird das Fleisch bei Temperaturen von -1 bis 2 °C gereift (SIELAFF 1996).

Die Zartheit von Hähnchenfleisch kann post mortem (p. m.) durch viele Faktoren beeinflusst werden. Angefangen bei dem Zeitpunkt des Zerlegens des Hähnchens bis hin zu den Lagerbedingungen können Unterschiede in der Zartheit festgestellt werden. Ist das Hähnchen 24 Stunden p. m. zerlegt worden, ist es zarter, als wenn es zwei Stunden p. m. zerlegt wurde. Auch über eine längere Reifezeit ist das Fleisch weiterhin zäher, als bei der Zerlegung 24 Stunden p. m. (BOWKER et al. 2016). Schon LYON et al. (1985) haben festgestellt, dass das Hähnchenfleisch zarter ist, wenn mit dem Zerlegen des Schlachtkörpers mindestens vier Stunden gewartet wird. THIELKE (2002) konnte in ihrer Arbeit nachweisen, dass die Zartheit im Verlauf der Reifung zugenommen hat, wobei die Zunahme der Zartheit zwischen zehn und 24 Stunden wesentlich geringer war, als in den ersten zehn Stunden. Die Reifung des Fleisches hat somit einen starken Einfluss auf die Zartheit. Dagegen spricht die Forschung von WYCHE und GOODWIN (1974). Sie haben in ihrer Arbeit festgestellt, dass die Zeit der Reifung keinen signifikanten Einfluss auf die Zartheit hat. Bei ihren Experimenten wurden die Hähnchen jedoch entweder in warmen oder abgekühlten Zustand zerlegt und anschließend unterschiedlich lang gereift. Dabei stellt sich allerdings die Frage, ob die Veränderungen der Zartheit bei diesem Experiment wirklich eindeutig der Fleischreifung zugeordnet werden kann. Der Fokus des Experimentes lag mehr auf den Zustand des Hähnchens bei der Zerlegung, anstatt auf der Reifung.

2.2 Die verschiedenen Methoden der Zartheitsmessung von Hähnchenfleisch

Um die Zartheit von Hähnchenfleisch instrumentell zu bestimmen, wird die Scherkraft gemessen. Dabei wird der Kauvorgang nachgeahmt und die Kraft gemessen, die benötigt wird, um in das Fleisch zu schneiden. Allerdings liegt für die Scherkraftmessung bei Hähnchenfleisch weder eine „einheitliche Vorschrift für die Probenvorbereitung“ (THIELKE 2002), noch für die Methodik während der Zartheitsmessung vor (THIELKE 2002).

Bei Hähnchenfleisch wird die Zartheit in der Regel an der erhitzten Hähnchenbrust festgestellt (PETRACCI & BAÉZA 2011). Das zeigt sich auch in einer Auswahl an Publikationen, bei denen die Zartheit an der Hähnchenbrust gemessen wurde. Nur in wenigen Fällen wurde diese an der Hähnchenkeule gemessen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht von verschiedenen Probesteilen zum Messen der Zartheit an Hähnchenfleisch aus 25 Versuchen zur Qualität von Hähnchenfleisch, 1973 - 2019

Probe zur Messung der Zartheit	Anzahl	Publikationszeitraum	Quelle (Mehrfachnennung versch. Proben pro Literatur möglich)
Hähnchenbrust	25	1973 - 2019	LOVE & GOODWIN 1973; WYCHE & GOODWIN 1974, LYON et al. 1985; THOMSON et al. 1986; SALAMA 1993; LYON & LYON 1998; THIELKE 2002; CAVITT et al. 2004; BARBANTI & PASQUINI 2005; YU et al. 2005; XIONG et al. 2006; LEE & SAHA et al. 2008; ZHUANG & SAVAGE 2008; LEE et al. 2011; YALÇIN et al. 2014; PIÓRKOWSKA et al. 2015; BOWKER et al. 2016; LEE et al. 2016; ZEIGER 2016; ZHAI et al. 2016;

			MELLO et al. 2018; QUDSIEH et al. 2018; SEBOLA et al. 2018; COMBS & OWENS 2019
Hähnchenkeule	5	1973 - 2014	LOVE & GOODWIN 1973; WYCHE & GOODWIN 1974; SALAMA 1993; YU et al. 2005; YALÇIN et al. 2014

LOVE und GOODWIN (1973) haben bei ihren Experimenten nicht nur die Hähnchenbrust, sondern auch die Hähnchenkeule und -flügel verwendet. Dabei stellten sie fest, dass die Hähnchenkeule zarter ist als die Hähnchenbrust. Auch WYCHE und GOODWIN (1974) stellten in ihrer Arbeit fest, dass die Hähnchenkeule signifikant zarter ist als die Hähnchenbrust. Dagegen zeigte sich in den Ergebnissen von YU et al. (2005), dass die Hähnchenbrust niedrigere Scherkraftwerte aufweist als die Hähnchenkeule. Wobei kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Muskeln festgestellt werden konnte. SALAMA (1993) hat in ihrer Arbeit verschiedene Konzentrationen zum Einlegen von Hähnchenfleisch verglichen. In den Ergebnissen zeigt sich, dass die Scherkraftwerte der Hähnchenkeule höher sind als die der Hähnchenbrust, somit die Hähnchenbrust zarter ist. Auch YALÇIN et al. (2014) haben in ihrem Experiment Hähnchenbrust und -keule verwendet. Dabei haben sie festgestellt, dass die Hähnchenkeule von einem Hähnchen mit einem Schlachtgewicht von 1800 g zarter ist, als die von einem mit einem Gewicht von 2100 oder 2400 g. Dieser Unterschied in der Zartheit konnte bei der Messung an der Hähnchenbrust nicht festgestellt werden.

Bei allen hier genannten Publikationen wurde nicht festgehalten, wie die Messung an der Hähnchenkeule durchgeführt wurde und ob die Methodik Unterschiede zu der Messung der Hähnchenbrust aufgewiesen hat.

Bevor die Messung der Zartheit durchgeführt werden kann, muss das Hähnchenfleisch vorab gekocht werden. In den Experimenten, welche in den verschiedenen Publikationen aufgeführt wurden, wurden die Proben am Häufigsten im Wasserbad gekocht. Aber auch Umluftofen und Dampfgerar wurden zum Erhitzen verwendet (Tabelle 2). Zusätzlich zu den unterschiedlichen Kochmethoden wurden auch unterschiedliche Kochzeiten und -temperaturen verwendet. Auch die Kerntemperatur, welche die Probe erreicht haben sollte um ausreichend erhitzt worden zu sein, variierte in den einzelnen Experimenten.

Durch die Verwendung von unterschiedlichen Kochmethoden und Einstellungen kann das Ergebnis der Zartheitsmessung beeinflusst werden. Zum Beispiel haben BARBANTI und PASQUINI (2005) verschiedene Kochzeiten und -temperaturen miteinander verglichen. Dabei haben sie festgestellt, dass durch eine sehr kurze Kochzeit (vier Minuten) und einer hohen Temperatur von 130 bis 150 °C das Hähnchenfleisch zarter ist, als bei geringeren Temperaturen und längerer Kochzeit. Auch LOVE und GOODWIN (1973) haben in ihrem Versuch über verschiedene Kochmethoden festgestellt, dass das Hähnchenfleisch nach dem Kochen im Dampfgarer signifikant zarter ist als im Wasserbad. Dagegen sprechen die Ergebnisse von ZHUANG und SAVAGE (2008). Sie sagen, dass kein signifikanter Unterschied in der Zartheit bei unterschiedlichen Kochmethoden besteht. Sie verglichen sowohl Wasserbad, Dampfgarer als auch Umluftofen miteinander.

Tabelle 2: Übersicht von verschiedenen Methoden zum Kochen des Probenmaterials aus 25 Versuchen zur Qualität von Hähnchenfleisch, 1973 - 2019

Methode des Kochens von Probenmaterial	Anzahl	Publikationszeitraum	Quelle (Mehrfachnennung versch. Methoden pro Literatur möglich)
Wasserbad 15 - 60 min Kochzeit bei 75 - 100 °C bis 72 - 82 °C Kerntemp.	12	1973 - 2016	LOVE & GOODWIN 1973; LYON et al. 1985; THOMSON et al. 1986; LYON & LYON 1998; THIELKE 2002; YU et al. 2005; XIONG et al. 2006; ZHUANG & SAVAGE 2008; YALÇIN et al. 2014; PIÓRKOWSKA et al. 2015; ZEIGER 2016; MELLO et al. 2018
Umluft 4 - 105 min Kochzeit bei 76 - 176 °C bis 75 - 82 °C Kerntemp.	10	1974 - 2019	WYCHE & GOODWIN 1974; SALAMA 1993; CAVITT et al. 2004; BARBANTI & PASQUINI 2005; LEE & SAHA et al. 2008; LEE et al. 2011; LEE et al. 2016; ZHAI et al. 2016; QUDSIEH et al. 2018; SEBOLA et al. 2018;

			COMBS & OWENS 2019
Dampf 4 - 18 min Kochzeit bei 85 - 101 °C bis 78 - 80 °C Kerntemp.	4	1973 - 2016	LOVE & GOODWIN 1973; BARBANTI & PASQUINI 2005; ZHUANG & SAVAGE 2008; BOWKER et al. 2016

Bevor die Messungen durchgeführt werden konnten, müssen bei dem Großteil der Messmethoden die Proben vorbereitet werden. Dazu wurden Stücke aus der Probe entnommen. Da es kein einheitliches Probenformat gibt, haben diese Probenstücke verschiedene Formen und Größen, wodurch ebenfalls das Ergebnis beeinflusst werden kann.

Neben den unterschiedlichen Teilstücken, Kochmethoden und Probenstücken wurden auch unterschiedliche Methoden bzw. unterschiedliche Klingen verwendet (Tabelle 3). Alle hier genannten Methoden messen auf die gleiche Art und Weise die Zartheit, über die Scherkraft. Dazu werden die Klingen in ein Messgerät eingespannt und die gekochte Probe geschert. Dabei misst das Messgerät die Kraft, welche dazu benötigt wird. Die Probe wird dabei im rechten Winkel zum Faserverlauf geschnitten (HONIKEL 1998).

Bei Allo-Kramer shear (AK) werden fünf oder zehn Messer gleichzeitig genutzt um die Scherkraft zu ermitteln. Bei Warner-Bratzler shear (WB) und Meullenet-Owens-Razor shear (MORS) wird dagegen nur eine einzelne Klinge verwendet. Bei der WB-Messmethode wird eine breite Klinge verwendet. Zur Messung wird die Probe zwischen einen geschlitzten Messereinsatz gelegt und die WB-Klinge schert die Probe im Ganzen. Es gibt mehrere verschiedene WB-Klingen, mit oder ohne einen V-förmigen Schlitz und in verschiedenen Stärken (STABLE MICRO SYSTEMS 2019).

Im Gegensatz dazu ist die MORS-Klinge gerade mal 4 mm breit und führt mehrere einzelne Schnitte an der Probe durch (STABLE MICRO SYSTEMS 2019). Bei der MORS-Klinge werden die Schnitte über die gesamte Probe verteilt durchgeführt, bei AK und WB werden die Proben in ein bestimmtes Format gebracht und dann ein Mal beprobt.

Da das Schneiden und Abwiegen der Proben nicht notwendig ist, können mit der MORS-Klinge ca. doppelt so viele Messungen durchgeführt werden, als mit anderen Methoden ohne dabei an Genauigkeit zu verlieren (CAVITT et al. 2004).

Durch verschiedene Probenformate wird das Messergebnis beeinflusst und verursacht eine hohe Variation in der Genauigkeit der Formate (LYON et al. 1985; LYON & LYON 1998). Auch die Stelle der Entnahme ist entscheidend. In dem Versuch von LOVE und

GOODWIN (1973) wurde zum Beispiel festgestellt, dass der innere Teil der Hähnchenbrust zarter ist als der äußere. Zudem haben LEE und OWENS (2008) in ihrer Arbeit mit der MORS-Klinge festgestellt, dass vier Wiederholungen der Messung pro Probe die optimale Anzahl ergibt. Vier Messungen zeigen eine zuverlässige Schätzung der Zartheit der Probe.

Tabelle 3: Übersicht von verschiedenen Methoden zur Zartheitsmessung aus 25 Versuchen zur Qualität von Hähnchenfleisch, 1973 - 2019

Methode der Zartheitsmessung	Anzahl	Publikationszeitraum	Quelle (Mehrfachnennung versch. Methoden pro Literatur möglich)
Warner-Bratzler shear	17	1985 - 2018	LYON et al. 1985; THOMSON et al. 1986; SALAMA 1993; LYON & LYON 1998; THIELKE 2002; CAVITT et al. 2004; BARBANTI & PASQUINI 2005; YU et al. 2005; XIONG et al. 2006; ZHUANG & SAVAGE 2008; YALÇIN et al. 2014; PIÓRKOWSKA et al. 2015; BOWKER et al. 2016; ZEIGER 2016; ZHAI et al. 2016; MELLO et al. 2018; QUDSIEH et al. 2018
Meullenet-Owens-Razor shear	8	2004 - 2019	XIONG et al. 2006; LEE & OWENS et al. 2008; LEE & SAHA et al. 2008; LEE et al. 2011; LEE et al. 2016; SEBOLA et al. 2018; COMBS & OWENS 2019
Allo-Kramer shear	5	1973 - 2011	LOVE & GOODWIN 1973; WYCHE & GOODWIN 1974; CAVITT et al. 2004; XIONG et al. 2006; LEE et al. 2011

3 Forschungsfragen

Im Verlauf dieser Arbeit werden die Hähnchenproben in einem Wasserbad erhitzt und anschließend mit einer MORS-Klinge die Scherkraftmessungen durchgeführt. Mit dieser Methodik sollen die nun folgenden Forschungsfragen beantwortet werden. Die erste Forschungsfrage ist dabei als die Hauptforschungsfrage anzusehen, auf welche der Versuch und diese Arbeit ausgerichtet wurden. Die anderen beiden Forschungsfragen haben sich im Verlauf der Versuchsvorbereitung ergeben, weshalb der Versuchsaufbau nicht auf diese Fragen ausgerichtet wurde.

Forschungsfrage 1: Besteht ein Zusammenhang zwischen der Zartheit der Hähnchenbrust und der des Hähnchenoberschenkels?

In der Literatur wird deutlich, dass die Hähnchenbrust in der Regel zur Bewertung aller Qualitätsmerkmale herangezogen wird.

Bestätigt sich, dass ein Zusammenhang zwischen der Hähnchenbrust und der Hähnchenkeule besteht, könnte dadurch von der Zartheit der Hähnchenkeule auf die Zartheit der Hähnchenbrust geschlossen werden. Dadurch könnten durch die Verwendung der Hähnchenkeule bei qualitativen Untersuchungen mehr Untersuchungen pro Tier vorgenommen werden. Die Hähnchenbrust könnte dann beispielsweise für sensorische Tests genutzt werden. Zusätzlich wird ein größerer Anteil des Tieres verwendet und weniger verworfen. Daher könnte die benötigte Anzahl an Tieren für einen Versuch, sowie die Kosten und Abfälle reduziert werden.

Forschungsfrage 2: Verändern sich die Messergebnisse durch die Nutzung der Messer bei über 100 Schnitten?

In einem Versuch mit vielen Proben werden viele Messer benötigt. Je mehr Messungen pro Messer durchgeführt werden können, ohne dabei eine Verzerrung der Ergebnisse zu bewirken, umso geringer wäre die Anzahl der benötigten Messer. Dadurch könnte der zeitliche Aufwand des Messerwechsels und die Kosten reduziert werden. Außerdem würde durch eine geringere Anzahl an Messern die Variabilität der Messwerte durch unterschiedliche Messer geringer gehalten.

Forschungsfrage 3: Wie viele Schnitte pro Probe sind für ein repräsentatives Ergebnis notwendig?

Um die Zartheit von Hähnchenfleisch festzustellen, werden mehrere Schnitte pro Probe durchgeführt. Je mehr Schnitte pro Probe durchgeführt werden, desto mehr zeigen die Messungen die Zartheit der gesamten Probe. Allerdings werden bei mehr Schnitten pro

Probe mehr Messer in dem Versuch benötigt und der zeitliche Aufwand pro Probe steigt. Um beides so effizient wie möglich zu gestalten, soll die minimale Anzahl an Schnitten pro Probe bestimmt werden, welche notwendig sind, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten.

4 Material und Methoden

4.1 Herkunft der Schlachtkörper

Für den experimentellen Versuch wurden 30 ganze Hähnchen verwendet. Dazu wurden 30 konventionell gehaltene Hähnchen der Rasse *Ross308* eingekauft, ungeachtet ihres Geschlechts. Diese wurden nach 30 Tagen mit einem Lebendgewicht von 1,7 kg am 03.06.2019 ausgestellt und in der Heinrich Borgmeier GmbH & Co. KG, Delbrück (D), getötet und geschlachtet.

Die Tötung der Tiere erfolgt durch eine CO₂-Betäubung in fünf aufeinander folgenden Stufen. Die Hähnchen werden nach der Anlieferung auf einem Laufband durch die verschiedenen Stufen befördert. In der ersten Stufe besteht ein normales CO₂- und O₂-Verhältnis, in der zweiten und dritten Stufe wird der CO₂-Gehalt langsam von 10 % auf 20 % erhöht. Durch den geringen Sauerstoffgehalt schlafen die Hähnchen ein. Anschließend wird in der folgenden vierten und fünften Stufe der Sauerstoff komplett entzogen. Die Hähnchen werden anschließend im betäubten Zustand auf ein Förderband an Haken gehängt und einem automatischen Töter zugeführt. Dabei wird der Hals der Hähnchen aufgeschnitten wonach diese innerhalb weniger Sekunden verbluten. Nach dem Eintreten des Todes werden die Hähnchen erst in einem Vorbrüher und anschließend in einem Hauptbrüher, bei einer Temperatur von 65 °C gebrüht. Nach dem Brühen folgt das Entfernen der Federn in der Rupfmaschine.

Nach dem Rupfen werden die Hähnchen wieder an Haken aufgehängt, ausgenommen, gewaschen und von einem Tierarzt kontrolliert. Im Anschluss werden die Hähnchen in einer Luftkühlung innerhalb von 2,5 Stunden auf 4 °C herunter gekühlt.

4.2 Kochvorgang: Wasserbad

Das Zerlegen der Hähnchen erfolgte am 05.06.2019 in den Schlacht- und Verarbeitungsräumen des Departments für Nutztierwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. Vor dem Zerlegen der Hähnchen wurden diese im Ganzen gewogen. Anschließend wurden die Keulen und Brüste ausgelöst und die Haut abgezogen (Abbildung 1).

Abbildung 1: Zerlegung des Schlachtkörpers, Proben Hähnchenbrust und -keule ohne Haut, Karkasse mit Flügeln (Quelle: eigen)



Anschließend wurden die Proben in Vakuum gezogen. Dazu wurden die Hähnchenbrüste in 120 x 320 mm und die Hähnchenkeulen in 220 x 320 mm große Siegelrandbeutel PA / PE 90 eingetütet (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Jede einzelne Probe wurde in beschriftete Siegelrandbeuteln abgepackt, um so jede Probe im Versuch dem einzelnen Tier wieder zuordnen zu können. Vakuuiert wurden alle Proben im BOXER 42, Original Henkelman Vacuum Systems, Hertogenbosch (NL).

Abbildung 2: Vakuuierte Proben in Siegelrandbeuteln mit Beschriftung (Quelle: eigen)



Anschließend wurden die Proben in sechs nacheinander folgenden Chargen in den Wasserbädern gekocht. Dazu wurden zwei unterschiedliche Wasserbäder verwendet. In das Wasserbad GFL 1092 von der Gesellschaft für Labortechnik, Burgwedel (D), konnten 16 Proben pro Durchgang aufgenommen werden. Das Wasserbad wurde auf 79 °C aufgeheizt, um eine Wassertemperatur von 77,5 °C zu erhalten. Die Proben wurden Hähnchenweise ange-

ordnet, zuerst die Brüste, dann die linke Keule, die rechte Keule und dann die nächsten vier Proben des nächsten Hähnchens. Dabei wurden pro Durchgang die Positionen getauscht und entweder mit der linken Hähnchenkeule oder mit den Hähnchenbrüsten begonnen. Das Wasserbad fasst 27,1 Liter Wasser und beinhaltet ein Gittergerüst, in welches die Proben hochkant hineingelegt wurden (Abbildung 3). Dieses bewegt sich rotierend mit 80 Umdrehungen pro Minute.

Abbildung 3: Positionierung der Proben im Gittergerüst im großen Wasserbad (Quelle: eigen)



Zusätzlich wurde ein zweites Wasserbad verwendet, welches wesentlich kleiner war als das erste Wasserbad. Der Grant JBN12 von Grant Instruments Ltd, Cambridge (UK) wurde auf eine Temperatur von 80°C eingestellt, um eine Wassertemperatur von 77,5 °C zu erhalten. Das Wasserbad beinhaltet Platz für vier Proben, welche auf eine durchlöcherterte und erhöhte Plastikplatte gelegt wurden. Die einzelnen Proben wurden pro Durchgang auf unterschiedlichen Positionen im Wasserbad platziert. Dieses Wasserbad hat ein Fassungsvermögen von 11,7 Litern. Die Überprüfung der Wassertemperatur erfolgte mit einem testo 926, Testo SE & Co. KGaA, Lenzkirch (D), während jedes Durchganges.

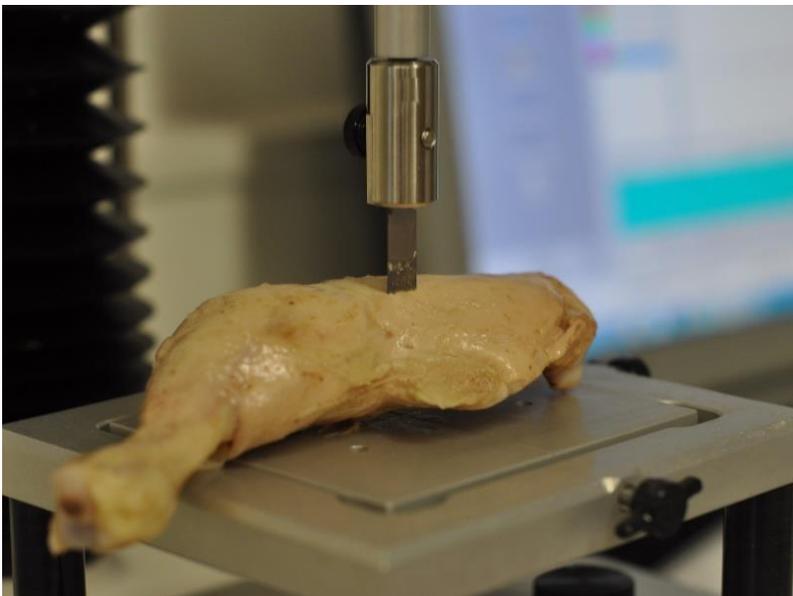
Die Proben wurden nach 60 Minuten aus den Wasserbädern entnommen, um dann 20 Minuten bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) herunter gekühlt zu werden. Die Beutel wurden anschließend aufgeschnitten und der Kochsaft entnommen. Anschließend wurden die Proben einzeln in den umgeschlagenen Siegelrandbeuteln in den Kühlschrank (RUMED Rubarth Apparate GmbH, Laatzen (D)) gelegt. Die Proben wurden über Nacht bei 4 °C im Kühlschrank gelagert.

4.3 Messung der Zartheit: Meullenet Owens Razor Shear

Die Messung der Zartheit erfolgte am folgenden Tag – 24 Stunden nach dem Kochen der Proben. Alle Messungen wurden an einem TA.XTplus Texture Analyser, Stable Micro Systems Ltd, Godalming (UK) durchgeführt. Der Texture Analyser wurde mit einer 5 kg Kraftmesszelle ausgestattet. Nach dem Einbau der Kraftmesszelle wurde der Texture Analyser neu konfiguriert.

Die Messung der Zartheit erfolgt über die Scherkraft. Die Scherkraft ist ein Maß für den mechanischen Widerstand, den das Fleisch beim Kauvorgang leistet, wobei die Kraft in Newton (N) gemessen wird. N setzt sich in diesem Fall aus der Masse des Körpers in Kilogramm (kg), in dieser Arbeit die 5 kg Kraftmesszelle, multipliziert mit der Beschleunigung in Millimeter pro Sekunde (mm/s) zusammen. Zur Messung der Scherkraft wurde ein Meullenet-Owens Razor shear blade (MORS-Klinge) (Stable Micro Systems Ltd, Godalming (UK)) verwendet. Die MORS-Klinge ist 4 mm breit, 0,9 mm dick und hat an einer Seite eine angeschrägte Kante (Abbildung 4). Die Messungen wurden mit dem Programm EXPONENT, Stable Micro Systems Ltd, Godalming (UK), aufgezeichnet und ausgewertet.

Abbildung 4: Messung der Zartheit mit MORS-Klinge an Hähnchenkeule (Quelle: eigene)



Die MORS-Klinge wurde mit einer Vorgeschwindigkeit von 2 mm/s heruntergefahren, bis diese auf einen Widerstand von 0,098 N traf. Dann scherte das Messer das Fleisch mit einer Geschwindigkeit von 10 mm/s. Bei der Hähnchenbrust wurde 15 mm tief in den *M. pectoralis* und bei der Hähnchenkeule 8 mm tief in den *M. iliotibialis* (Abbildung 5) geschnitten. Das Messer wurde anschließend mit einer Geschwindigkeit von 10 mm/s wieder hochgefahren.

Abbildung 5: Hähnchenkeule ohne Haut mit herausgelösten M. iliobtibialis (Quelle: eigene)



Die Anzahl der Messpunkte betrug 250 pps. Die Auswertung der Scherkraft erfolgte über eine sogenannte Schnell-Auswertung des Programmes. Dabei wird die Fläche der Messpunkte bis zur maximalen Kraft einer Probe berechnet. Bei der vorliegenden Arbeit wurde nur die maximale positive Kraft, somit die Kraft, welche beim Scheren der Probe benötigt wird, beachtet. Die negative Kraft, welche benötigt wird, um das Messer wieder aus der Probe zu entfernen, wird nicht weiter behandelt.

Die Messungen an den Proben erfolgte Chargenweise in der Reihenfolge des Kochvorgangs. In einer Charge befanden sich 20 Proben von fünf Hähnchen. Die Proben wurden bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) beprobt. Während der Messungen wurden pro Charge zuerst die fünf linken Hähnchenbrüste beprobt, dann die fünf rechten Hähnchenbrüste gefolgt von den fünf linken Hähnchenkeulen. Zuletzt wurden die fünf rechten Hähnchenkeulen beprobt. Pro Probe erfolgten sechs Messungen, welche versetzt zueinander quer zur Muskelfaserrichtung durchgeführt wurden (Abbildung 6).

Abbildung 6: Hähnchenbrust und -keule mit Markierungen der gesetzten Schnitte (Quelle: eigene)



Im Verlauf des Versuches wurden vier MORS-Klingen genutzt. Die ersten drei MORS -Klingen wurden nach 198 Messungen, 33 Proben, ausgetauscht. Bei dem vierten Messer waren nur noch 21 Proben zu messen, weshalb 126 Messungen mit dem vierten Messer durchgeführt wurden.

4.4 Datenverwaltung

Die Messwerte des TA.XTplus Texture Analysers wurden durch das Programm EXPONENT Connect aufgezeichnet und ausgewertet. Der erzeugte Messwert entspricht der positiven Kraft und wird in N angegeben. Die Messwerte wurden in Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2019) übertragen. Die statistische Auswertung der Daten sowie die Erzeugung von Abbildungen erfolgte mit der Programmiersprache R (RStudio, 2019).

Der Excel-Datensatz beinhaltet folgende Spalten als potentielle Einflussgrößen für die Scherkraft:

Tabelle 4: Übersicht über die zur Verfügung stehenden Variablen.

Variable	Einheit	Erklärung
Sampleid	-	Die Reihenfolge der Proben während der Messungen
Part	-	Bezeichnung und Lage der Proben am Schlachtkörper
Carcass	-	Zugehörigkeit der Proben zu ganzem Hähnchen
race	-	Rasse der Hähnchen
Slaughtering	Datum	Tag der Schlachtung
Dissect	Datum	Tag der Zerlegung

Weight	Kg	Gewicht des ganzen Hähnchens
Wb	-	Wasserbad
Wbposition	-	Position der Probe im Wasserbad
Watertemp	°C	Wassertemperatur
Cookingtime	Min	Kochzeit
Razorblade	-	Verwendetes Messer
Razornumberofcuts	-	Zahl der getätigten Schnitte pro Messer
Cutperpart	-	Zahl der getätigten Schnitte pro Probe
Shearforce	N	Scherkraft

Der Datensatz beinhaltet die Messergebnisse der jeweiligen Probe. Bei 30 Hähnchen, also zwei Hähnchenbrüsten und zwei Hähnchenkeulen, ergeben sich bei sechs Messungen pro Probe 720 Messungen insgesamt.

Die Rohdaten (xlsx-Dateien) und der R-Quellcode (r-Datei) für die Rohdatenbearbeitung befinden sich im Anhang.

4.5 Plausibilitätskontrolle

Bevor mit der statistischen Auswertung begonnen werden konnte, wurde der Datensatz auf seine Plausibilität geprüft. Mit dieser Methode wird geprüft, ob die Daten plausibel, also annehmbar sind. Dabei wurden die allgemeinen Variablen, aber auch die Messergebnisse in ihrer Anzahl abgefragt.

Die Variablen „Rasse“, „Schlachalter“, „Schlachtdatum“, „Datum des Zerlegens“, „Kochzeit“ und die „Kochtemperatur“ sind bei allen Proben gleich gewesen. Die Überprüfung erfolgt mit dem R-Aufruf:

```
table(Daten$Variable)
```

Bei einem Umfang von 720 Messungen, müssen die Beobachtungen pro Variable 720 Mal in dem Datensatz vorkommen.

Bei zwei Variablen mussten insgesamt 24 Mal Beobachtungen genannt sein, bei den „Karkassen“ und dem „Gewicht der Karkassen“ (sechs Schnitte pro Probe à vier Proben pro Hähnchen = 24 Beobachtungen):

```
sum(table(Daten$carcass) != 24)
```

War das Ergebnis „0“, wurde damit bestätigt, dass keine Karkasse und auch kein Gewicht mehr als 24 Mal im Datensatz vorkommt. An den einzelnen Proben Breast left (BL), Breast

right (BR), Leg left (LL) und Leg right (LR) wurden jeweils sechs Messungen durchgeführt. Somit müssen die vier Proben jeweils 180 Mal im Datensatz vorkommen:

table(Daten\$part)

Die beiden Wasserbäder bedürfen zur Überprüfung einer separaten Auflistung:

table(subset(Daten, wb == "G")\$wbposition)

table(subset(Daten, wb == "K")\$wbposition)

Im Wasserbad GFL 1092 (G) wurden 16 Proben auf 12 Positionen aufgereiht: die zwei Hähnchenbrüste einer Karkasse auf einer Position, dann nacheinander die Hähnchenkeulen. Durch das Tauschen der Reihenfolge ergibt sich, dass die erste Position 60, die Zweite 36 und die dritte Position 48 Mal belegt wurde. Dies wiederholt sich vier Mal auf die 12 Positionen. Im kleineren Wasserbad Grant JBN12 (K) wiederum wurden auf den vier Positionen die Hähnchenbrüste und Hähnchenkeulen im Wechsel aufgereiht. Daraus ergibt sich, dass auf jeder Position 36 Proben zu finden sind.

Zuletzt wurden die Daten zu den Messern überprüft. Es wurden während des Versuches nacheinander vier verschiedene Messer verwendet. Mit den ersten drei Messern wurden 198 Schnitte durchgeführt, mit dem vierten Messer 126 Schnitte:

table(Daten\$razorblade)

Außerdem wurden pro Probe sechs Schnitte durchgeführt. Daraus ergibt sich eine Anzahl von 120 Messungen für Schnitt Nr. 1 und alle folgenden Schnitte:

table(Daten\$cutperpart)

Die statistische Auswertung kann erst erfolgen, wenn alle genannten Plausibilitätskriterien erfüllt sind.

4.6 Statistische Analyse

Nachdem der Datensatz auf seine Plausibilität geprüft worden ist, kann mit der statistischen Auswertung begonnen werden. Um erst einmal einen Überblick über den Datensatz zu bekommen, wurde mit der deskriptiven Analyse begonnen. Die deskriptive Analyse hat das Ziel, den Datensatz durch Tabellen, Graphiken und Kennzahlen darzustellen.

Nachfolgend wurden nur wenige der vorher genannten Variablen berücksichtigt, da ein großer Teil der Variablen keine Variabilität aufweist, sondern für jede Messung die

gleichen Beobachtungen beinhaltet. Zum Beispiel ist bei allen Tieren die Rasse gleich, ebenso wie das Schlacht- und Zerlegdatum für alle Tiere das gleiche ist.

In der folgenden Analyse wurden bei allen genannten Variablen zuerst das arithmetische Mittel, die Standardabweichung, Minimum und Maximum, sowie die Spannweite ermittelt. Begonnen wurde die deskriptive Analyse mit den Gewichten der Hähnchen. Die Hähnchen erfuhren ante mortem keine bekannte Variabilität in Haltung oder Fütterung, somit wurde das Gewicht im Einzelnen betrachtet.

Die Auswertung der Scherkraft war dagegen wesentlich komplexer zu gestalten. Viele Variablen wirkten auf die Scherkraft ein und wurden im Einzelnen analysiert. Begonnen wurde mit der Scherkraft im Ganzen, anschließend aufgeteilt auf die einzelnen Probenteile (BR, BL, LR, LL) und anschließend aufgeteilt in Hähnchenbrust und -keule, sowie die Proben der linken und der rechten Seite.

Nachdem die Scherkraftwerte im Einzelnen analysiert worden sind, wurden anschließend weitere Variablen hinzugefügt. Dazu wurde mit der linearen Regression gearbeitet, wobei eine abhängige Variable (die Zielvariable) durch eine oder mehrere unabhängige Variablen (die Prädiktoren) erklärt wird. Der Zusammenhang zwischen der abhängigen und unabhängigen Variablen wird durch eine lineare Funktion abgebildet:

$$Y_i = (a + b X_i) + \varepsilon_i$$

Bei diesem Modell ist Y das Ergebnis, welches wir voraussagen möchten. Der Index i ist die i -te Messung. Die zu bestimmenden Parameter und die Regressionskoeffizienten sind a und b . Hierbei stellt a den y -Achsenabschnitt und b die Steigung der geschätzten Regressionsgeraden dar. Das Residuum ε_i wird als unabhängiger, normal verteilter Fehlerterm angenommen.

Die Regressionsanalyse in R wird mit dem Aufruf *lm* (für *linear model*) durchgeführt. Wird das lineare Modell mit dem Aufruf *summary* kombiniert, wird eine Zusammenfassung der Analyse ausgegeben:

```
summary(lm(Zielvariable ~ Prädiktoren, Daten))
```

In dem Output kann zum Beispiel abgelesen werden wie sich der Prädiktor im Verhältnis zu der Zielvariablen verhält und ob ein Regressionskoeffizient von 0 verschieden ist.

Begonnen wurde damit das Verhältnis der Scherkraft in Bezug auf das genutzte Messer und die sechs einzelnen Schnitte pro Probe zu analysieren:

```
lm(shearforce ~ razorblade, Daten )
```

```
lm(shearforce ~ cutperpart, Daten )
```

Anschließend wurde der Einfluss der Wasserbäder, in denen die Proben gekocht wurden und die Position im Wasserbad analysiert:

```
lm(shearforce ~ wb, Daten )
```

```
lm(shearforce ~ wbposition, Daten )
```

Um die Forschungsfragen beantworten zu können, müssen die Messergebnisse um beeinflussende Effekte der einzelnen Variablen korrigiert werden. So können die Ergebnisse ohne eine systematische Verzerrung ausgewertet werden. Um die beeinflussenden Variablen zu erkennen, wurde zuerst geschaut, welche der Variablen einen signifikanten Einfluss auf die Scherwerte haben. Zur Gewährleistung eines besseren Überblickes, wurde vorab eine neue Variable erstellt, welche die Proben nur noch als Hähnchenbrust (B) oder als Hähnchenbein (L) annimmt und die Seite außer Acht lässt:

```
Daten$part2 <- substr(Daten$part, 1, 1)
```

Mit dem R-Aufruf

```
summary(lm(shearforce ~ part2 + razorblade + razornumberofcuts + cutperpart + wb +  
wbposition, Daten)
```

wurden die Variablen auf ihren signifikanten Einfluss auf die Scherkraft überprüft. Das erste Messer zeigte dabei einen signifikanten Unterschied zu den anderen Messern, ebenso wie das kleine Wasserbad im Vergleich zu dem großen Wasserbad. Andere Variablen zeigten kaum signifikante Unterschiede und werden in der folgenden Anpassung außer Acht gelassen.

Bei der Anpassung der Scherkraft wurden zwei neue Data Frames erstellt, einer für die Hähnchenbrüste, und einer für die Hähnchenkeule:

```
Daten.Breast <-subset(Daten, part2 == "B")
```

```
Daten.Leg <-subset(Daten, part2 == "L")
```

Danach wurde unter Beachtung des Messers und der Wasserbäder das arithmetische Mittel bei beiden Variablen ermittelt:

```
Daten.Breastmean <- aggregate(shearforce ~ razorblade + wb, Daten.Breast, FUN =  
mean)
```

```
Daten.Legmean <- aggregate(shearforce ~ razorblade + wb, Daten.Leg, FUN = mean)
```

Aus den einzelnen arithmetischen Mittelwerten der Hähnchenbrust und -keule wurden dann jeweils ein Mittelwert gebildet:

```
Breast.mean.total <- mean(Daten.Breastmean$shearforce)
```

```
Leg.mean.total <- mean(Daten.Legmean$shearforce)
```

Anschließend wurde die Differenz zwischen den einzelnen Mittelwerten unter Berücksichtigung der vier Messer und der zwei Wasserbäder und den gesamten Mittelwert der Scherkraftergebnisse ermittelt:

```
Daten.Breastmean$Diff <- Daten.Breastmean$shearforce - Breast.mean.total
```

```
Daten.Legmean$Diff <- Daten.Legmean$shearforce - Leg.mean.total
```

Diese Differenzen wurden im Einzelnen in Excel in den Datensatz eingepflegt. Dazu wurde der Datensatz nach den Messern und nach den Wasserbädern sortiert. In einer neuen Spalte (*sf_diff*) wurden die 16 Differenzen (*Daten.Breastmean\$Diff / Daten.Legmean\$Diff*) passend zu den Messern und den Wasserbädern eingefügt. Anschließend wurde in einer weiteren neuen Spalte (*sfadjusted*) die Abweichung vom Gesamtmittelwert (*sf_diff*) von der Scherkraft abgezogen. Der neue Datensatz mit der angepassten Scherkraft wurde für die folgenden Auswertungen genutzt.

Um die erste Forschungsfrage zu beantworten wurde mit den angepassten Scherwerten eine *lineare Regressionsanalyse* durchgeführt und der *Pearson-Korrelationskoeffizient r* berechnet. Dazu wurden die Scherkraftwerte der einzelnen Hähnchen nach Hühnchenbrust und -keule sortiert und daraus das arithmetische Mittel ermittelt. Dadurch wurde der Datensatz von 720 Messwerten auf 60 Messwerte reduziert: 30 Mal das arithmetische Mittel der Hähnchenbrüste des jeweiligen Hähnchens und 30 Mal das arithmetische Mittel der dazugehörigen Hähnchenkeulen.

```
Daten.agg <- aggregate(sfadjusted ~ carcass + part2, Daten, FUN = mean)
```

Danach wurde der Datensatz umformatiert, so dass für jedes Hähnchen beide Messwerte in einer Zeile standen:

```
Daten.agg.2 <- reshape(Daten.agg, idvar = "carcass", timevar = "part2", direction =  
"wide")
```

Anschließend konnte die *lineare Regressionsanalyse* durchgeführt, sowie der *Pearson-Korrelationskoeffizient r* ermittelt werden:

```
summary(lm(sfadjusted.B ~ sfadjusted.L, Daten.agg.2))
```

```
cor.test(Daten.agg.2$sfadjusted.B, Daten.agg.2$sfadjusted.L)
```

Mit dem *Korrelationskoeffizienten* wird die Stärke des Zusammenhanges (Korrelation) von zwei metrisch skalierten Variablen quantifiziert. Die Korrelation ist umso höher je enger die Messwerte um eine gedachte Gerade liegen, welche die Messwerte am besten

beschreibt. Der *Korrelationskoeffizient* kann Werte zwischen -1 und $+1$ annehmen, $+1$ ist dabei die perfekte Korrelation, bei der alle Messwerte auf der Geraden mit einer Steigung von 0 liegen.

Um herauszufinden, in welchem Bereich die Messwerte mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit liegen werden, wurde ein *Konfidenzintervall* bestimmt. Mit der Stichprobenvarianz und den Standardabweichungen werden Schätzwerte für die Grundgesamtheit ermittelt. Anschließend wurden um den Erwartungswert (hier: Regressionsgerade) symmetrische Intervalle gesucht, in denen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% die wahren Parameterwerte liegen.

Mit dem folgenden R-Aufruf wurde ein *Konfidenzintervall* produziert:

```
predict.lm(lm.sf, interval = "confidence", level = 0.95)
```

Dabei handelt es sich bei *lm.sf* um das vorher erstellte lineare Modell mit den Variablen der angepassten Scherkraft der Hähnchenbrüste und der angepassten Scherkraft der Hähnchenkeulen.

Für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurde ein *t-Test* durchgeführt. Dabei wurde das vierte Messer in der weiteren Analyse nicht berücksichtigt, da mit diesem Messer nur 126 Schnitte durchgeführt wurden. Außerdem wurde vorab überprüft wie oft jedes Messer entweder in Hähnchenbrust oder in Hähnchenkeule geschnitten hat.

Mit einem *t-Test* kann beurteilt werden, ob zwei Stichproben sich statistisch signifikant unterscheiden, wobei die Mittelwerte beider Gruppen verglichen werden. Dabei wird die Differenz zwischen den beiden Stichprobenmittelwerten ermittelt. Je größer diese Differenz ist, umso weniger kann es eine zufällige Abweichung sein. Außerdem muss in der Auswertung der Ergebnisse die Standardabweichung und der Stichprobenumfang der Stichprobe berücksichtigt werden. Um einen *t-Test* auszuwerten wird vorab eine Null-Hypothese H_0 und einer Alternativ-Hypothese H_A aufgestellt. H_0 ist dabei die Hypothese, die den Status Quo beschreibt. Wird H_0 abgelehnt nimmt man H_A an.

H_0 : Ersten 99 Schnitte = Letzten 99 Schnitte

H_A : Ersten 99 Schnitte \neq Letzten 99 Schnitte

Um zu bestimmen ob H_0 angenommen oder abgelehnt werden soll wird der p -Wert als statistisches Hilfsmittel hinzugezogen. Der p -Wert zeigt wie wahrscheinlich es unter der Null-Hypothese ist, die beobachteten oder auch extremere Ergebnisse zu erhalten. Vor der

Datenerhebung wird eine maximale Irrtumswahrscheinlichkeit, das Signifikanzniveau α festgelegt. In dieser Arbeit wird von einem Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ ausgegangen.

Um einen *t-Test* anwenden zu können, müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein: eine Normalverteilung der Messwerte beider Stichproben und die Gleichheit der Varianzen bzw. der Standardabweichungen beider Stichproben. Die Normalverteilung der Stichproben kann durch den *Shapiro-Wilk-Test* analysiert werden. Die Hypothesen zu diesem Test lauten:

H₀: Stichprobe folgt einer Normalverteilung

H_A: Stichprobe ist nicht normal verteilt

Bei diesem statistischen Test erhofft man sich eine Annahme der Null-Hypothese und somit einen großen p-Wert, im Gegensatz zu den meisten statistischen Tests. In dieser Arbeit wird ein Grenzwert von $p > \alpha = 0,05$ festgelegt. Mit R-Studio kann dieser Test mit folgendem Aufruf mit beiden Datensätzen durchgeführt werden:

shapiro.test(Daten (Schnitte 1 – 99(ohne Messer 4))

Die Gleichheit der Varianzen bzw. der Standardabweichungen der beiden Stichproben wird durch den *F-Test* überprüft. Dabei wird geprüft, ob zwischen den zwei Stichproben ein signifikanter Unterschied in den Varianzen besteht. Der *F-Wert* sollte 1 sein, ansonsten wird die Null-Hypothese abgelehnt.

H₀: Varianz/Standardabweichung beider Stichproben gleich

var.test(Daten (Schnitte 1 – 99), Daten (Schnitte 100 – 198) (ohne Messer 4))

Bei der Durchführung der Tests musste bei beiden die Null-Hypothese abgelehnt werden. Somit ist eine Durchführung eines *Zwei-Stichproben-t-Test* nicht möglich. Alternativ dazu kann der gepoolte *Welch-Test* durchgeführt werden. Der gepoolte *Welch-Test* wird verwendet, wenn die Varianzen beider Stichproben annähernd gleich sind, wie es in dieser Arbeit der Fall ist. Aus den gepoolten Standardabweichungen wird der Standardfehler berechnet. In der R-Funktion *t.test* ist der *Welch-Test* die Standardeinstellung. Um den *Welch-Test* durchzuführen werden die Messwerte der ersten 99 Schnitte der Messer und die letzten 99 Schnitte separiert dargestellt:

Gesamt99 <- subset(Daten, razornumberofcuts <= 100 & razorblade != 4)\$sfadjusted

*Gesamt198 <- subset(Daten, razornumberofcuts <= 198 & razornumberofcuts >= 99 &
razorblade != 4)\$sfadjusted*

Anschließend wurde mit den zwei Stichproben *Welch-Test* durchgeführt:

$$t.test(Gesamt99, Gesamt198)$$

Um die dritte Forschungsfrage beantworten zu können, wurden die einzelnen Schnitte pro Probe analysiert. Mit einer *linearen Regressionsanalyse* wurde jeder einzelne Schnitt im Vergleich zu dem vorangegangenen Schnitt betrachtet. Anschließend wurden die sechs Schnitte der Hähnchenbrust und die sechs Schnitte der Hähnchenkeule analysiert. Um die einzelnen Schnitte analysieren zu können, musste die metrische Variable *cutperpart* als Faktor bewertet werden:

$$summary(lm(shearforce \sim as.factor(cutperpart), Daten))$$

Um einen Unterschied der Scherkraft zwischen dem ersten Schnitt pro Probe und dem vierten bzw. dem sechsten Schnitt zu ermitteln wurden zwei *Zwei-Stichproben-t-Test* durchgeführt:

$$H_0: \text{Scherkraft der 1. Schnitte} = \text{Scherkraft der 4. Schnitt}$$
$$H_A: \text{Scherkraft der 1. Schnitte} \neq \text{Scherkraft der 4. Schnitt}$$
$$H_0: \text{Scherkraft der 1. Schnitte} = \text{Scherkraft der 6. Schnitt}$$
$$H_A: \text{Scherkraft der 1. Schnitte} \neq \text{Scherkraft der 6. Schnitt}$$

Vorab wurden die Messwerte auf Normalverteilung geprüft. Da diese nicht gegeben ist, wurde hier ebenfalls der *Welch-Test* durchgeführt.

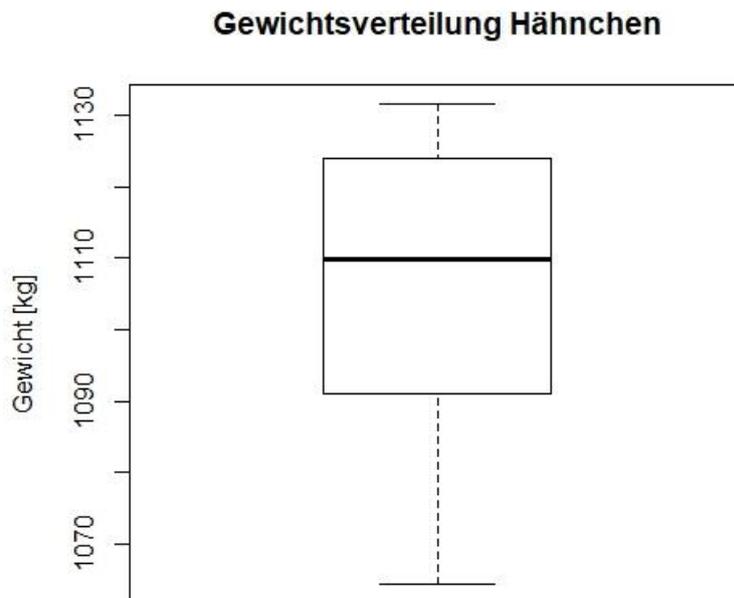
$$t.test(Daten\$shearforce[Daten\$cutperpart == "1"], \\ \text{Daten\$shearforce}[Daten\$cutperpart == "4"])$$
$$t.test(Daten\$shearforce[Daten\$cutperpart == "1"], \\ \text{Daten\$shearforce}[Daten\$cutperpart == "6"])$$

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Deskriptive Übersicht

Das Gewicht der Hähnchen variiert in einer Gewichtsspanne von 67, 2 g und liegt im Mittel bei 1.106,8 kg (Abbildung 7). Durch die geringe Gewichtsspanne kann von einer geringen Beeinflussung der Scherkraft durch das Gewicht ausgegangen werden.

Abbildung 7: Gewichtsverteilung der Hähnchen in Kilogramm, $n = 30$ Hähnchen



In der Betrachtung der Scherkraft im Ganzen zeigt sich eine Spannweite von 9,72 N für alle 720 Messungen. Erst bei der Trennung der Hähnchenbrust und -keule sieht man die genaue Verteilung der Scherkraft (Abbildung 8). Die Scherkraft der Hähnchenbrust liegt im Mittel um 2,1 N höher als die der Hähnchenkeule. Die Mittelwerte beider Probengruppen sind sehr nah beieinander. Der Mittelwert der linken Hähnchenkeule liegt um 0,05 N höher als der Mittelwert der Rechten. Der Mittelwert der rechten Hähnchenbrust weicht dagegen stärker von dem Mittelwert der linken Hähnchenbrust ab (0,18 N) (Tabelle 5). Auch die Standardabweichungen der linken und rechten Hähnchenbrust und die der linken und rechten Hähnchenkeule liegen jeweils nur um 0,02 N auseinander.

Abbildung 8: Verteilung der Scherkraft auf die Proben aufgeteilt, BL = Breast left, BR = Breast right, LL = Leg left, LR = Leg right, $n = 720$ Messungen, pro Probenteil $n = 180$ Messungen

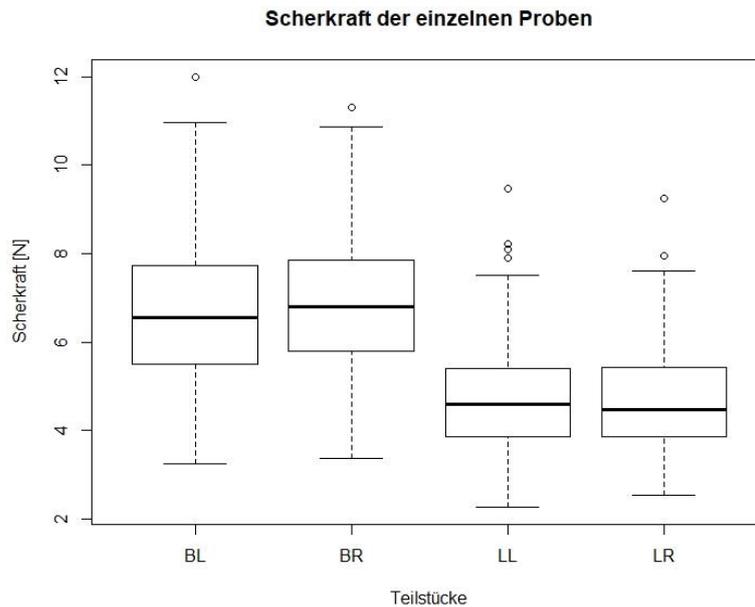


Tabelle 5: Übersicht der deskriptiven Analyse der Scherkraft, $n = 720$ Messungen, pro Probenteil $n = 180$ Messungen

	Arithmetisches Mittel	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Gesamte Scherkraft	5,78	1,77	2,27	11,99
Brust links	6,74	1,61	3,25	11,99
Brust rechts	6,92	1,59	3,36	11,31
Keule links	4,77	1,29	2,27	9,46
Keule rechts	4,72	1,23	2,53	9,27

Dass die Scherkraft der Hähnchenkeule niedriger ist als die der Hähnchenbrust ergaben auch die Publikationen von LOVE und GOODWIN (1973) und WYCHE und GOODWIN (1974). Dieser Unterschied in der Scherkraft bedeutet allerdings nicht, dass die Hähnchenkeule dementsprechend zarter ist als die Hähnchenbrust. Die beiden beprobten Muskelpartien sind unterschiedlich in ihrem Aufbau. Der Oberschenkelmuskel ist zum Beispiel wesentlich dünner als der Brustmuskel. Durch die unterschiedlichen Muskelstärken können durch den Kochvorgang Unterschiede in der Zartheit entstanden sein. Ebenfalls könnte durch das anschließende Abkühlen die Zartheit beeinflusst worden sein. Der Oberschenkelmuskel wird zügiger abgekühlt sein als der Brustmuskel. Zudem kann die Messung an sich die Scherkraftwerte beeinflusst haben. Die Messung an dem

Oberschenkelmuskel erfolgte mit einer geringeren Eindringtiefe als die Messung an dem Brustmuskel. Durch diese Einstellung könnte bei der Hühnchenbrust mehr Kraft benötigt worden sein um das Fleisch zu scheren. Außerdem ist die Oberfläche des Oberschenkelmuskels nicht gleichmäßig eben, sondern abfallend zur kaudalen Seite. Dieser Effekt war von Probe zu Probe unterschiedlich stark. Dadurch traf das Messer in seiner Abwärtsbewegung nicht mit der vollständigen Klinge auf die Probe und könnte dadurch eine andere Scherkraft benötigt haben als bei einer geraden Oberfläche.

Der Unterschied in der Zartheit der linken und rechten Hähnchenbrust deutet darauf hin, dass das beprobte Fleisch der rechten Hähnchenbrust weniger zart ist, als das der linken Hähnchenbrust. Dies kann verschiedene Gründe haben, wie zum Beispiel eine unterschiedlich starke Beanspruchung der Muskelpartien oder unsymmetrisches Wachstum der Tiere. Unterschiedlich starke Beanspruchung können durch die Haltungsbedingungen verursacht werden, je nachdem wieviel Platz den Tieren zur Verfügung gestanden hat. Auch ob es sich um ein männliches oder ein weibliches Tier gehandelt hat, kann den unterschiedlichen Grad der Zartheit beeinflusst haben. Warum es gerade bei diesem Versuch und den verwendeten 30 Hähnchen der Fall ist, kann in Rahmen dieser Arbeit nicht bestimmt werden.

Neben der Scherkraft im Einzelnen wurde auch die Scherkraft in Bezug auf andere Variablen analysiert. Vergleicht man die Scherkraft der beiden Wasserbäder zeigt sich ein Unterschied zwischen dem großen und dem kleinen Wasserbad (Abbildung 9). Der Mittelwert des kleinen Wasserbades ist um 0,36 N geringer als der Mittelwert des Großen. Außerdem ist die Spannweite der Messungen unterschiedlich. So liegt zwischen der geringsten und der höchsten Scherkraftmessung bei dem kleinen Wasserbad 6,84 N, bei dem großen Wasserbad dagegen 9,72 N (Tabelle 6). Eine lineare Regressionsanalyse zeigt, dass der Unterschied zwischen den großen und dem kleinen Wasserbad signifikant ($p = 0,0286$) ist.

Abbildung 9: Verteilung der Scherkraftwerte in Abhängigkeit des genutzten Wasserbades, G = großes Wasserbad (n = 576 Messungen), K = kleines Wasserbad (n = 144 Messungen)

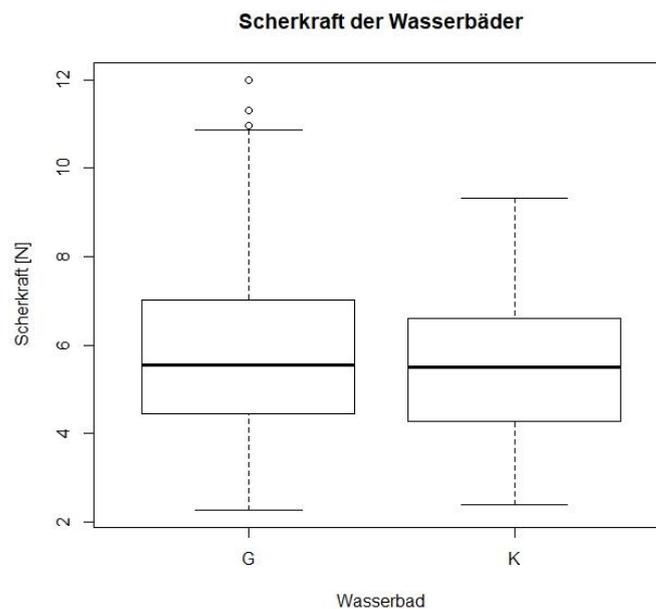


Tabelle 6: Übersicht der deskriptiven Analyse der Scherkraft der einzelnen Wasserbäder, Großes Wasserbad: n = 576 Messungen, Kleines Wasserbad: n = 144 Messungen

	Arithmetisches Mittel	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Wasserbad, groß	5,86	1,82	2,27	11,99
Wasserbad, klein	5,50	1,57	2,39	9,32

Der Unterschied der Scherkraft in den beiden Wasserbädern kann durch die unterschiedliche Größe der Bäder erklärt werden. Das große Wasserbad hat ein Fassungsvermögen von 27,1 l, das kleine Wasserbad fasst dagegen nur 11,7 l. Außerdem wurden im Großen 16 Proben untergebracht, im kleinen Wasserbad nur vier Proben. Diese Umstände werden die Wassertemperatur beeinflusst haben. Durch das Einlegen der Proben wird das Wasser abgekühlt sein und musste anschließend wieder aufgeheizt werden. Das große Wasserbad wird nach dem Einlegen der Proben mehr Zeit benötigt haben um die gewünschte Temperatur von 77,5 °C wieder zu erreichen. In dem kleinen Wasserbad wird die Temperatur dagegen schneller erreicht worden sein. Durch diesen Abkühlungseffekt werden die Proben in dem kleinen Wasserbad eine längere Zeit bei 77,5 °C gekocht worden sein als die 16 Proben im großen Wasserbad. Wodurch es im Mittel zu einer geringeren Scherkraft bzw. höheren Zartheit der Proben aus dem kleinen Wasserbad gekommen sein kann.

Neben den Wasserbädern wurden auch mehrere Messer nacheinander benutzt um die Scherkraft zu ermitteln, welche wiederum einen Einfluss auf diese Ergebnisse haben könnten. Die Scherkraft der einzelnen Messer zeigt, dass der Mittelwert des ersten Messers von den anderen Mittelwerten abweicht (Abbildung 10) (Tabelle 7). Die *lineare Regressionsanalyse* zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen dem ersten Messer und den anderen Messern ($p = 0,000000736$). Außerdem ist die Streuung bei dem vierten Messer (6,1 N) geringer als bei den anderen Messern, welche im Durchschnitt bei 8,98 N liegt.

Abbildung 10: Verteilung der Scherkraftwerte auf die jeweiligen Messer, Messer 1 - 3 = 198 Messungen, Messer 4 = 126 Messungen

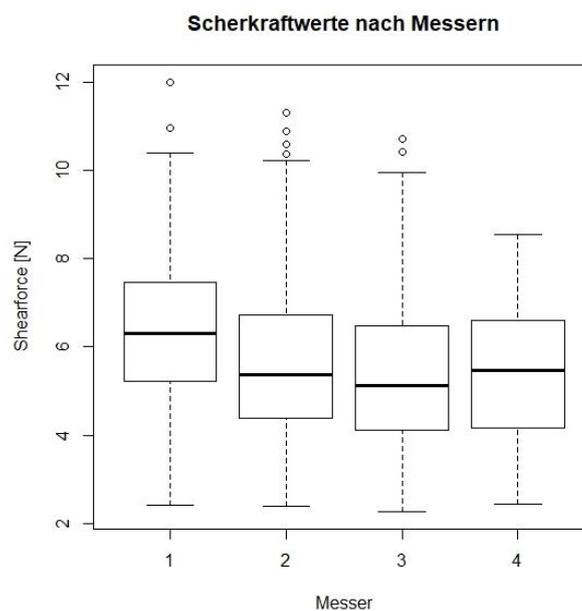


Tabelle 7: Übersicht der deskriptiven Analyse der Scherkraft der einzelnen Messer, $n = 720$ Messungen, Messer 1 - 3 = jeweils 198 Messungen, Messer 4 = 126 Messungen

	Arithmetisches Mittel	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Messer 1	6,37	1,70	2,41	11,99
Messer 2	5,67	1,77	2,39	11,31
Messer 3	5,50	1,86	2,27	10,70
Messer 4	5,49	1,56	2,44	8,54

Weshalb das erste Messer zu den anderen Messern einen signifikanten Unterschied in der Scherkraft aufweist, könnte unterschiedliche Gründe haben. Der Einbau der Messer erfolgte bei dem ersten Messer nicht von der gleichen Person, wie bei den Folgenden. Außerdem wurde das Messer vor der Nutzung abgewischt, wodurch ein leichter Ölfilm

von dem Messer entfernt wurde. Durch die Säuberung des Messers kann das Scheren der Probe erschwert und mehr Kraft benötigt worden sein, als bei den anderen Messern. Zum anderen könnte ein materieller Unterschied zwischen den Messern vorliegen, der diesen Unterschied in der Scherkraft erklärt. Die genauen Umstände zu Abweichung des ersten Messers können im Rahmen dieser Arbeit nicht hinreichend geprüft werden. Der Unterschied in der Spannweite des vierten Messers kann in der Anzahl der Messungen erklärt werden. Mit dem vierten Messer wurden nur 126 Schnitte durchgeführt, im Gegensatz zu den anderen Messern, mit denen wurden 198 Schnitte durchgeführt.

Bei der Betrachtung der Verteilung der Scherkraft der einzelnen Schnitte pro Probe (Abbildung 19) fällt auf, dass bei den ersten drei Schnitten das erste und dritte Quartil wesentlich weiter auseinander liegen als bei den folgenden drei Schnitten. Auch das Minimum und Maximum sind bei den letzten drei Schnitten näher beieinander, als bei den ersten drei Schnitten (Tabelle 8). Eine *linearen Regressionsanalyse* zeigt, dass nur der fünfte Schnitt einen signifikanten Unterschied ($p = 0,0013$) zu dem ersten Schnitt aufweist. Alle anderen Schnitte sind nicht signifikant.

Abbildung 11: Verteilung der Scherkraft der einzelnen sechs Schnitte pro Probe, $n = 720$ Messungen, pro Schnitt: $n = 120$ Messungen

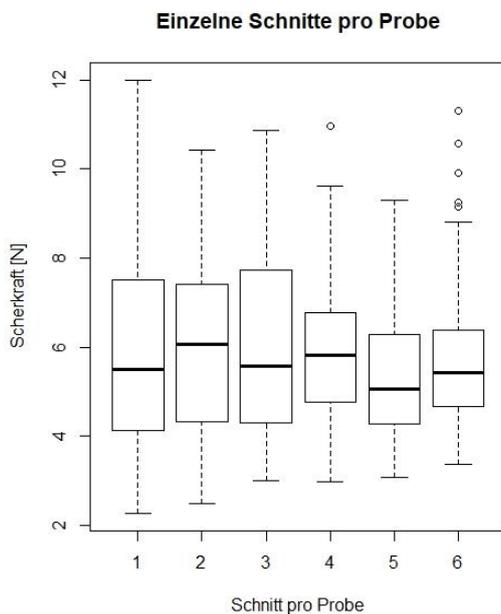


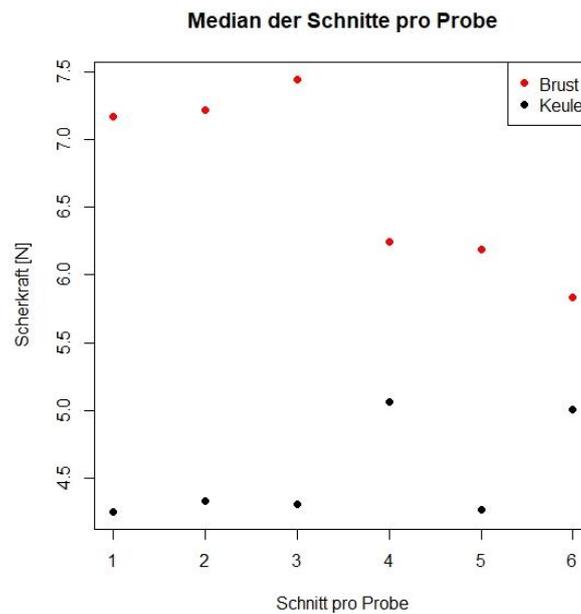
Tabelle 8: Übersicht der deskriptiven Analyse der Scherkraft der einzelnen Schnitte pro Probe, n = 720 Messungen, pro Schnitt: n = 120 Messungen

	Arithmetisches Mittel	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schnitt 1	5,91	2,14	2,27	11,99
Schnitt 2	5,91	1,98	2,49	10,42
Schnitt 3	6,04	2,03	3,00	10,87
Schnitt 4	5,82	1,45	2,97	10,96
Schnitt 5	5,13	1,36	3,06	9,29
Schnitt 6	5,71	1,44	3,37	11,31

Die Unterschiede in der Scherkraft pro Schnitt können ähnlich argumentiert werden, wie bei der Analyse der einzelnen Messerschnitte. Jeder Schnitt wurde an einer anderen Position der Probe durchgeführt, aber immer in der gleichen Reihenfolge (Abbildung 6). Dabei wurde erst quer zur Faserrichtung in die Probe geschnitten und anschließend versetzt zu dem vorangegangenen Schnitt in die gleichen Fasern wieder ein Schnitt gesetzt. Im Anschluss wurden die nächsten Schnitte in einen neuen Faserstrang gesetzt. Die schon durchtrennten Faserstränge könnten eine andere Scherkraft aufgewiesen haben als die vorab noch nicht durchtrennten Faserstränge. Außerdem könnten die vorangegangenen Schnitte Auswirkungen auf die Struktur der Probe gehabt und so eine Veränderung in den letzten Schnitten bewirkt.

Zudem sind die Proben auch unterschiedlichen Formates gewesen. Die Hähnchenbrust bot eine größere Oberfläche und wurde mit dem Messer tiefer (20 mm) durchgeschnitten als die Hähnchenkeule (8 mm). Vor allem bei einer getrennten Betrachtung der Hähnchenbrust und -keule, sieht man deutliche Unterschiede. Die ersten drei Schnitte sind jeweils im Mittel bei beiden sehr ähnlich, die darauffolgenden drei Schnitte fallen sehr unterschiedlich aus (Abbildung 12). Vor allem in der Hähnchenkeule variieren die Mittelwerte der letzten drei Schnitte stark.

Abbildung 12: Median der Scherkraft der einzelnen Schnitte pro Probe, Brust: $n = 60$ Messungen pro Schnitt, Keule: $n = 60$ Messungen pro Schnitt



Die Unterschiede zwischen den Schnitten vier, fünf und sechs bei der Hähnchenkeule könnten mit der Probenoberfläche begründet werden. Bei der Hähnchenkeule ist der Oberschenkelmuskel kaudal abfallend, wodurch das Messer beim Treffen der Oberfläche anfänglich nicht mit der ganzen Klinge das Fleisch geschnitten hat. Dieser Effekt ist bei jeder Hähnchenkeule unterschiedlich stark gewesen, sodass die Messergebnisse der Scherkraft bei diesen Schnitten sehr unterschiedlich ausgefallen sind.

5.2 Vergleich der ursprünglichen und der angepassten Scherkraft

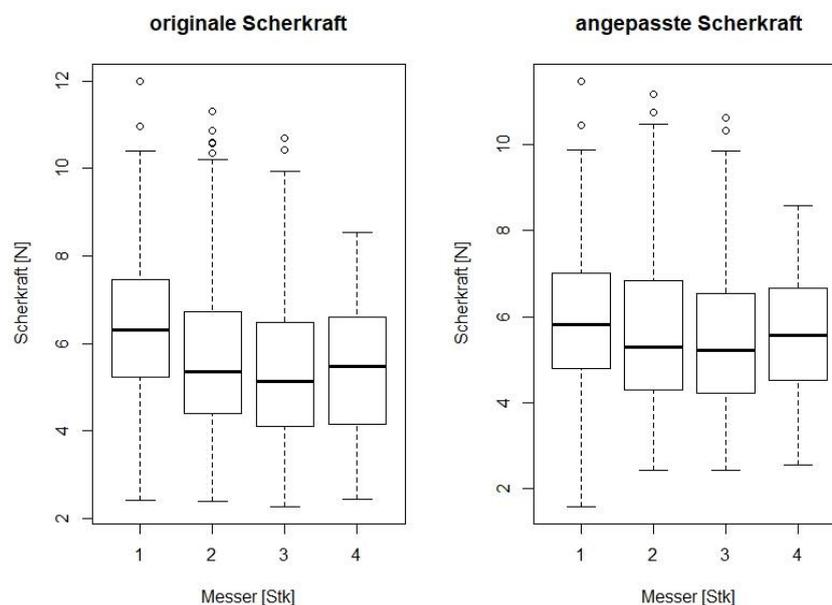
Im Vergleich der ursprünglichen Scherkraft aller Proben zeigen sich nur minimale Abweichungen zu der angepassten Scherkraft. Vergleicht man die Scherkraft der Hähnchenbrust und die der Hähnchenkeule getrennt, liegt die Scherkraft der Hähnchenbrust im Mittel um 2,04 N höher, als die Scherkraft der Hähnchenkeule (Tabelle 9). Der Unterschied der Mittelwerte ist mit der angepassten Scherkraft um 0,06 N geringer als die der originalen Scherkraft.

Tabelle 9: Übersicht der deskriptiven Analyse der Scherkraft der einzelnen Proben, $n = 720$ Messungen, Hähnchenbrust und -keule jeweils 360 Messungen

	Scherkraft	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
Gesamt	Original	5,78	1,78	2,27	11,99
	Angepasst	5,67	1,73	1,25	11,47
Hähnchenbrust	Original	6,83	1,60	3,25	11,99
	Angepasst	6,69	1,57	3,12	11,47
Hähnchenkeule	Original	4,75	1,26	2,27	9,46
	Angepasst	4,64	1,20	1,58	9,32

Vergleicht man die angepasste Scherkraft der einzelnen Messer mit der originalen Scherkraft zeigt die angepasste Scherkraft keinen signifikanten Unterschied mehr zwischen den einzelnen Messern (Tabelle 10). Vor allem das erste Messer ist mit der originalen Scherkraft stark von den anderen Messern abgewichen, was durch die Anpassung korrigiert wurde (Abbildung 13).

Abbildung 13: Originale und angepasste Scherkraft der einzelnen Messer im Vergleich, $n = 720$ Messungen



Durch die Anpassung der Scherkraft ist der Unterschied in der Scherkraft zwischen dem großen Wasserbad (G) und dem kleinen Wasserbad (K) korrigiert worden (Abbildung 14). Der Unterschied zwischen den beiden Wasserbädern ist mit der angepassten Scherkraft verringert worden und ist nicht mehr signifikant (Tabelle 10).

Abbildung 14: Originale und angepasste Scherkraft der beiden Wasserbäder im Vergleich, G = großes Wasserbad (n = 576 Messungen), K = kleines Wasserbad (n = 144 Messungen)

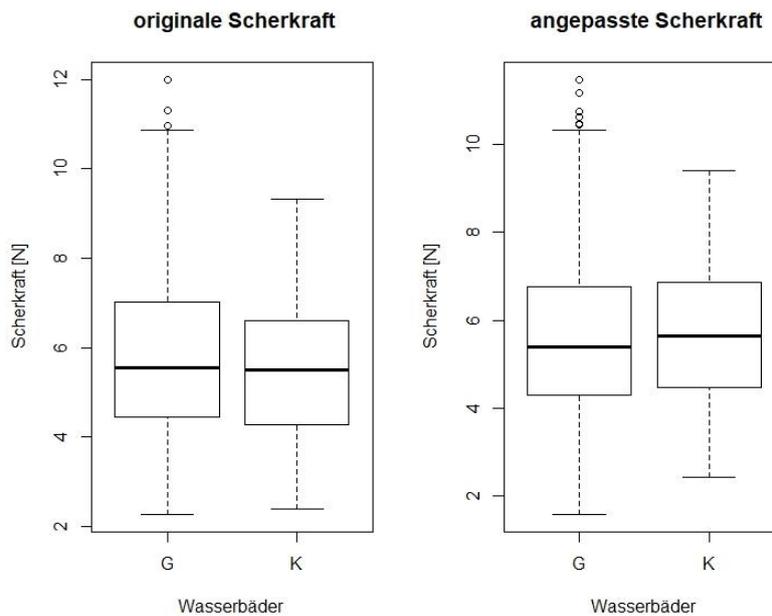


Tabelle 10: Ergebnisse der originalen und angepassten Scherkraft in Abhängigkeit zu den Messern und den Wasserbädern. Analysiert mit einem linearen Regressionsmodell (Signifikanzniveau: “.” = $\alpha < 0,1$, “*” = $\alpha < 0,05$, “**“ = $\alpha < 0,01$, “***“ = $\alpha < 0,001$)

	Scherkraft	p-Wert	Signifikanzniveau
Messer	Original	0,000000925	***
	Angepasst	0,08007	.
Wasserbäder	Original	0,0286	*
	Angepasst	0,9974	

Die Anpassung der Scherkraft kann demnach als erfolgreich gesehen werden. Die folgenden Auswertungen erfolgten mit der angepassten Scherkraft.

5.3 Forschungsfrage 1: Zusammenhang zwischen der Zartheit der Hähnchenbrust und der des Hähnchenoberschenkels

Um einen Zusammenhang zwischen der Zartheit der Hähnchenbrust und -keule zu bestimmen wurde in dieser Arbeit wie folgt vorgegangen: Mit dem *Pearson-Korrelationskoeffizient* wurde ermittelt, ob ein Zusammenhang besteht und mit einer *linearen Regressionsanalyse* wie dieser Zusammenhang genau zu beschreiben ist.

Der *Pearson-Korrelationskoeffizient* r zeigt einen mäßig starken Zusammenhang ($r = 0,33$) zwischen der Scherkraft der Hähnchenbrust und der Scherkraft der Hähnchenkeule. Die

Korrelation ist positiv. Somit steigt die Scherkraft der Hähnchenkeule an, wenn die Scherkraft der Hähnchenbrust ansteigt.

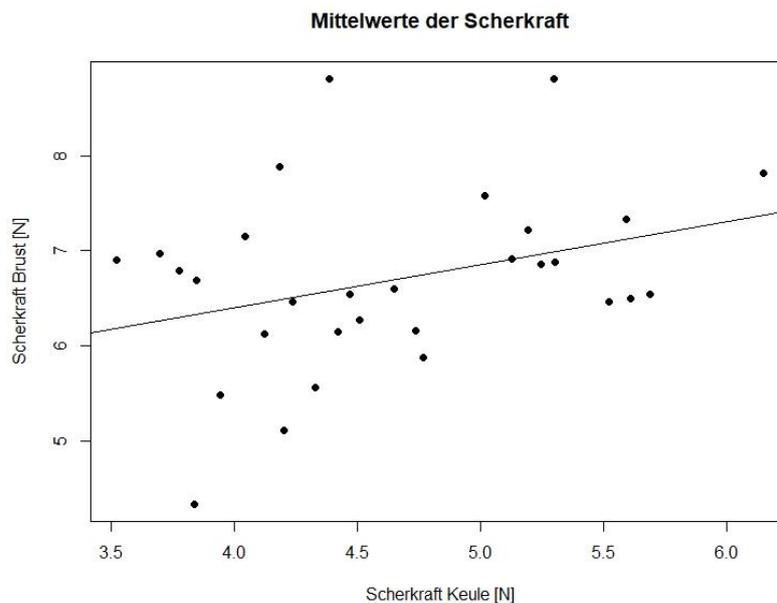
Durch eine *lineare Regressionsanalyse* wurde dieser Zusammenhang bestätigt. Die Steigung der Regressionsgeraden beträgt 0,45 N (Abbildung 15). Wonach die Scherkraft der Hähnchenkeule um 0,45 N steigen würde, wenn die Scherkraft der Hähnchenbrust um 1,00 N steigt. Der Zusammenhang ist bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,1$ als signifikant ($p = 0,073$) zu bewerten.

Formel der Regressionsgeraden:

$$\text{Scherkraft der Hähnchenbrust} = 4,5769 + 0,4548 \times \text{Scherkraft der Hähnchenkeule}$$

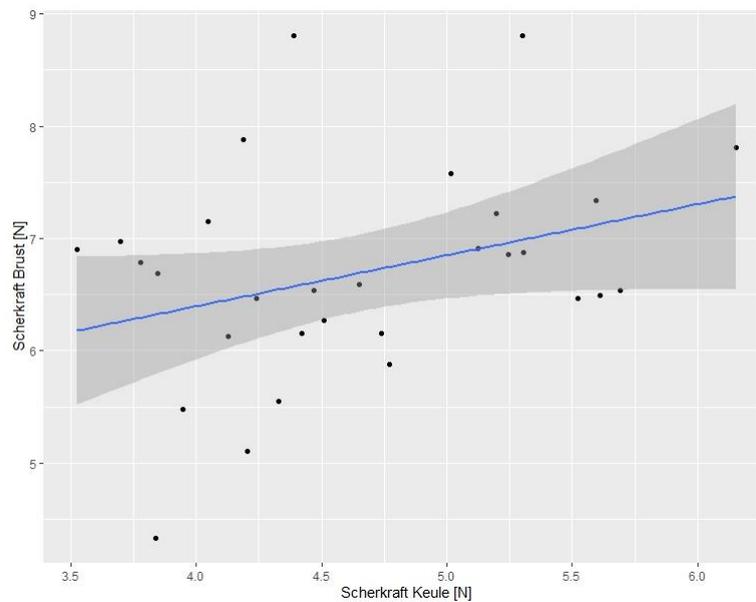
Mit dieser Formel kann die Scherkraft der Hähnchenbrust mittels der Scherkraft der Hähnchenbrust bestimmt werden.

Abbildung 15: Mittelwerte der angepassten Scherkraft der Hähnchenbrust und -keule pro Tier im Vergleich, $n = 60$ Mittelwerte aus 720 Messungen



Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % liegt der wahre Mittelwert außerhalb des Konfidenzintervalls. In diesem Versuch bildet das Schätzintervall im Mittel 7 % oberhalb und 7 % unterhalb der Regressionsgeraden das Konfidenzintervall. Das *Konfidenzintervall* von 95 % zeigt, dass der Großteil der wahren Messwerte sich direkt in (14 Messungen) oder in unmittelbarer Nähe (8 Messwerte) des Schätzintervalls befinden (Abbildung 16).

Abbildung 16: Mittelwerte der angepassten Scherkraft pro Tier im Vergleich von Brust und Keule mit einem 95 % Konfidenzintervall, $n = 60$ Mittelwerte aus 720 Messungen



Der *Pearson-Korrelationskoeffizient* und *lineare Regressionsanalyse* zeigen, dass es für diesen Versuch einen Zusammenhang in der Zartheit zwischen der Hähnchenbrust und der Hähnchenkeule gibt, wenn auch nur ein mäßig starker. In Bezug auf diesen Versuch kann von der gemessenen Scherkraft der Hähnchenkeule auf die Scherkraft der Hähnchenbrust durch die Formel der Regressionsgeraden berechnet werden.

Allerdings kann in dieser Arbeit die Frage nach einer allgemeingültigen Formel zur Berechnung der Scherkraft der Hähnchenbrust nicht aufgestellt werden. Um dieser Frage nachzugehen, müsste ein wesentlich umfangreicherer Versuch durchgeführt werden mit verschiedenen Genotypen, Haltungsformen und Gewichtsklassen um ein allgemein gültiges Ergebnis zu erhalten. Wird in einem solchen Versuchsumfang ein Zusammenhang festgestellt, könnte damit eine allgemeingültige Formel entwickelt werden, mit der die Scherkraft der Hähnchenkeule auf die Scherkraft der Hähnchenbrust umgerechnet werden könnte.

5.4 Forschungsfrage 2: Anzahl der Schnitte pro Messer

Zu Beginn der Versuchsplanung berichtete die technische Mitarbeiterin Ruth Wigger, dass laut der Empfehlung des Herstellers maximal 100 Schnitte mit den MORS-Klingen durchgeführt werden sollten. Ansonsten könne nicht für ein repräsentatives Ergebnis garantiert werden, da die Messer abstumpfen könnten. Diese Angabe konnte von dem Hersteller der Messer (Stable Micro Systems Ltd, Godalming (UK)) nicht hinreichend bestätigt werden. Um für nachfolgende Versuche in dem Bereich zur Zartheitsmessung bei

Hähnchenfleisch eine Empfehlung zur Nutzung der Messer zu geben, wurden die Schnitte der Messer im Folgenden genauer betrachtet.

Bei der Analyse der Scherkraft der einzelnen Schnitte pro Messer gleicht kein Messer dem Anderen (Abbildung 17). Die starken Schwankungen in der Scherkraft sind allerdings dem Versuchsaufbau geschuldet. Dabei wurden zehn Proben von den Hähnchenbrüsten (à sechs Schnitte = 60 Messungen) und anschließend zehn Proben der Hähnchenkeulen (à sechs Schnitte = 60 Messungen) verwendet (Tabelle 11). Die Hähnchenbrust weist dabei eine höhere Scherkraft auf als die Hähnchenkeule. Durch diesen Wechsel zwischen der Hähnchenbrust und der Hähnchenkeule werden die Schwankungen in der Scherkraft der Messer im Verlauf der Schnitte verursacht. Messer vier weicht zudem in der Anzahl der Schnitte von den Messern eins bis drei ab. Es wurden mit dem Messer vier nur 126 anstatt 198 Schnitte durchgeführt. Aufgrund dessen wurde Messer vier in der weiteren Untersuchung nicht berücksichtigt.

Abbildung 17: Angepasste Scherkraft der einzelnen durchgeführten Schnitte, aufgeteilt nach den Messern 1 - 4, Messer 1 - 3 = 198 Messungen, Messer 4 = 126 Messungen

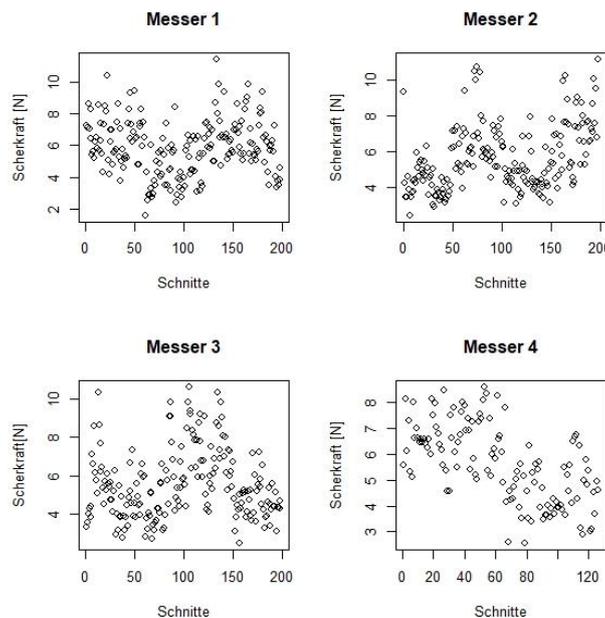


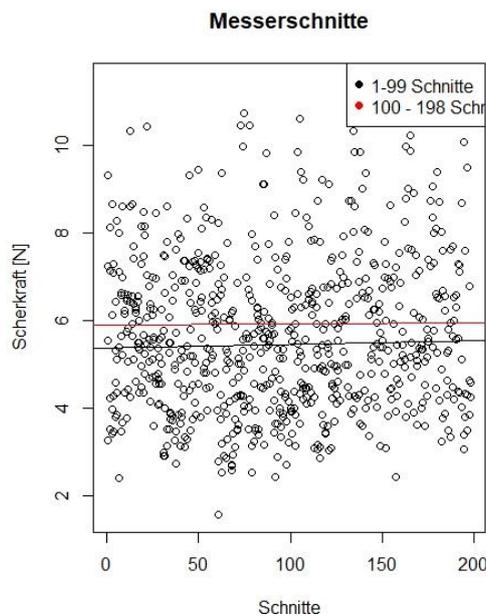
Tabelle 11: Ergebnisse der Auswertung der einzelnen Schnitte pro Messer in Abhängigkeit der Probenart, $n = 720$ Messungen

	Schnitt an einer Hähnchenbrust	Schnitt an einer Hähnchenkeule	Schnitte insgesamt
Messer 1	120	78	198
Messer 2	96	102	198
Messer 3	84	114	198
Messer 4	60	66	126
Schnitte gesamt	360	360	720

Die unterschiedlich hohen Messwerte der Scherkraft von Hähnchenbrust und -keule erschwert eine unabhängige Beurteilung der einzelnen Messer. Um dennoch ein Ergebnis zu erhalten, wurden von den Messern eins bis drei mittels einen *Zwei-Stichproben-t-Test* die ersten 99 Schnitte mit den nachfolgenden 99 Schnitte miteinander verglichen. Durch den *Zwei-Stichproben-t-Test* kann beurteilt werden, ob sich die Scherkraft der folgenden 99 Schnitte im Vergleich zu den ersten 99 Schnitten verändert hat. Dieser ergab bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$, dass der Unterschied bei einem p-Wert von 0,000345 als signifikant zu sehen ist.

Um sich ein genaueres Bild der Veränderung der Scherkraft der Messer zu machen, wurden die ersten 99 Schnitte und die folgenden 99 Schnitte zusätzlich mit einer *linearen Regressionsanalyse* ausgewertet. Durch die *linearen Regressionsanalyse* kann die durchschnittliche Veränderung der Scherkraft für jeden weiteren Schnitt bestimmt werden. Dabei wurde festgestellt, dass die Steigung der Regressionsgeraden der ersten 99 Schnitte bei 0,00079 N pro weiteren Schnitt liegt. Bei den folgenden 99 Schnitten liegt die Steigung dagegen bei 0,00016 N pro weiteren Schnitt (Abbildung 18). Zudem zeigt die Regressionsgerade, dass die folgenden 99 Schnitte im Mittel eine höhere Scherkraft aufweisen als die vorangegangenen 99 Schnitte.

Abbildung 18: Angepasste Scherkraft der einzelnen Schnitte der Messer 1 - 3, Regressionsgeraden zu den ersten 99 Schnitten und den folgenden 99 Schnitten, $n = 594$ Messungen



Die Ergebnisse des *Zwei-Stichproben-t-Tests* und der *linearen Regressionsanalyse* zeigen, dass es eine Veränderung in der Scherkraft der Messer gibt je mehr Schnitte durchgeführt werden. Diese Veränderung bedeutet, dass die Messer mit jedem weiteren Schnitt stumpfer

werden und dass dadurch die Messergebnisse beeinflusst werden können. Wird diese Veränderung der Messergebnisse bedacht, kann während folgenden Versuchen zur Zartheit bei Hähnchenfleisch die Messergebnisse um die Steigung korrigiert werden. Dadurch könnten mehr Schnitte pro Messer durchgeführt werden und eine geringere Anzahl an Messern pro Experiment benötigt werden.

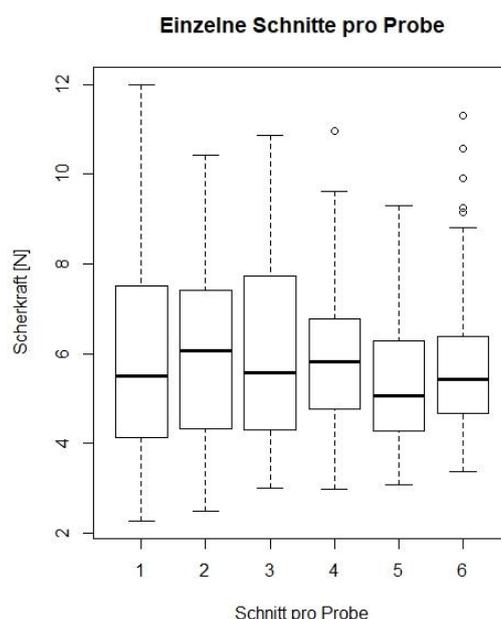
Durch eine geringere Anzahl an genutzten Messern verringern sich die Kosten der Messer und auch die Kosten des jeweiligen Versuches. Zudem verringert sich der Einfluss unterschiedlicher Messer auf die Scherkraft. In diesem Versuch war ein Messer signifikant anders als die anderen. Je weniger Messer verwendet werden, umso geringer die Variabilität zwischen den Messern.

5.5 Forschungsfrage 3: Anzahl der Schnitte pro Probe

Während der Ausarbeitung des Versuches kam die Frage auf, wie viele Schnitte pro Probe notwendig sind, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten. Um die optimale Schnittanzahl zu bestimmen, sollen die Schnitte vier und sechs jeweils mit einem *Zwei-Stichproben-t-Tests* mit dem 1. Schnitt verglichen werden.

In der deskriptiven Analyse der einzelnen Schnitte pro Probe wurde festgestellt, dass es vor allem in den letzten drei Schnitten pro Probe Unterschiede zu den ersten drei Schnitten gibt. Es ist noch nicht klar, ob ein signifikanter Unterschied besteht, wenn vier oder sechs Schnitte bei der Messung durchgeführt werden.

Abbildung 19: Angepasste Scherkraft der einzelnen Schnitte pro Probe, $n = 720$ Messungen



Mit den zwei *Zwei-Stichproben-t-Tests* wurde überprüft, ob ein Unterschied zwischen dem ersten Schnitt und dem vierten bzw. dem sechsten Schnitt besteht. Die *t-Tests* ergaben bei dem vierten Schnitt mit einem p-Wert von 0,7 und bei dem sechsten Schnitt einen p-Wert von 0,38. Die Null-Hypothese wird bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ angenommen. Somit besteht kein signifikanter Unterschied, weder zwischen dem ersten und dem vierten Schnitt, noch dem ersten und dem sechsten Schnitt. Daraus resultiert, dass es keinen signifikanten Unterschied macht, ob nur vier Schnitte oder sechs Schnitte durchgeführt werden.

In dieser Analyse kann kein eindeutiges Ergebnis zu dieser Frage bestimmt werden, da diese Frage im Versuchsaufbau nicht explizit im Vordergrund gestanden hat und viele Variablen Einfluss auf die Fragestellung haben. Bei den *t-Tests* zum Beispiel wurden die Unterschiede zwischen der Hähnchenbrust und -keule nicht beachtet. Zusätzlich wurden die Schnitte nach Augenmaß und nicht mit einer Schablone oder ähnlichem positioniert. Somit können Unterschiede in den Abständen und Positionen nicht ausgeschlossen werden.

In dem Experiment von LEE und OWENS (2008) wurde ebenfalls analysiert wie viele Wiederholungen als optimal zu sehen sind. Dabei wurden pro Hähnchenbrust acht Schnitte durchgeführt und die Schnitte zwei bis sieben miteinander verglichen. LEE und OWENS (2008) stellen dabei fest, dass als Minimum an Schnitten vier Schnitte als optimal anzusehen ist. Allerdings stellten sie fest, dass durch fünf oder mehr Schnitte die Zuverlässigkeit der Zartheitsschätzung weiter verbessert werden kann (LEE & OWENS et al. 2008). Mehr Schnitte decken einen größeren Bereich der Probe ab, wodurch jeder weitere Schnitt pro Probe einen immer repräsentativeren Messwert dieser Proben erzeugt.

6 Fazit

In diese Arbeit wurden mehrere Aspekte der Messung der Zartheit analysiert und neue Erkenntnisse gewonnen. Es konnte eine instrumentelle Methodik zur Bestimmung der Zartheit an einer Hähnchenkeule entwickelt werden. Zudem konnte im Vergleich der Scherkraft bzw. der Zartheit der Hähnchenbrust und -keule ein Zusammenhang festgestellt werden. Anhand der dabei aufgestellten Formel kann die Scherkraft der Hähnchenbrust durch die Scherkraft der Hähnchenkeule bestimmt werden. Zukünftige Versuche zu dieser Fragestellung sollten einen wesentlich größeren Stichprobenumfang verwenden, um eine allgemeingültige Formel entwickeln zu können.

Zusätzlich wurde ermittelt, dass mit einem einzelnen Messer auch mehr als 100 Schnitte durchgeführt werden können, ohne eine starke Veränderung der Messwerte zu erwarten. In dieser Arbeit wurden maximal 198 Schnitte pro Messer durchgeführt. Dabei konnte keine signifikante Veränderung der Messwerte ermittelt werden. Die Änderung der Messwerte bzw. das Abstumpfen des Messers ist marginal. Bei zukünftigen Versuchen könnten diese Änderungen in der Auswertung, zum Beispiel durch eine Anpassung der Messwerte, bedacht werden.

Des Weiteren konnte keine Empfehlung für die optimale Anzahl an Schnitten pro Probe ermittelt werden. Ob bei der Messung vier oder sechs Schnitte durchgeführt wurden, zeigte keine signifikanten Veränderungen in den Messergebnissen. Allerdings kann festgehalten werden, dass je mehr Schnitte pro Probe zur Messung der Scherkraft durchgeführt werden, umso repräsentativer sind die Messung zu dieser Probe. Die Anzahl der Schnitte sollte somit auf die Größe der Proben angepasst werden, welche für den Versuch verwendet werden sollen.

Werden die Ergebnisse dieser Arbeit bei zukünftigen Versuchen zur Messung der Zartheit an Hähnchenfleisch berücksichtigt, können Kosten gesenkt werden und ressourcenschonender gearbeitet werden. Durch eine Anpassung der Schnitte und eine Reduzierung der benötigten Messer können nicht nur Kosten gesenkt, sondern auch zeitlich effizienter gearbeitet werden. Wird die Hähnchenkeule zur Messung der Zartheit verwendet, kann die Hähnchenbrust für andere Tests zur Bestimmung der Qualität verwendet werden. Folglich werden weniger Versuchstiere für die Qualitätstest benötigt, wodurch sich der Aufwand des Versuches und die Kosten reduziert.

7 Literaturverzeichnis

- BARBANTI, D. & PASQUINI, M. (2005), Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. In: *LWT - Food Science and Technology*, 38 (8), 895–901, doi: 10.1016/j.lwt.2004.08.017.
- BLE (2019), Geflügelfleischerzeugung in Deutschland, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. <https://www.praxis-agrar.de/tier/gefluegel/gefluegelfleischerzeugung/> (20.07.2019).
- BOWKER, B., GAMBLE, G. & ZHUANG, H. (2016), Exudate Protein Composition and Meat Tenderness of Broiler Breast Fillets. In: *Poultry Science* (95), 133–137, doi: 10.3382/ps/pev312.
- CAVITT, L. C., MEULLENET, J. F., XIONG, R. & OWENS, C. M. (2004), The relationship of razor blade shear, Allo–Kramer shear, Warner– Bratzler shear and sensory tests to changes in tenderness of broiler breast fillets. In: *Journal of Muscle Foods* (16), 223–242.
- COMBS, L. D. & OWENS, C. M. (2019), Using Blunted Versions of the Meullenet-Owens Razor Shear Method for Assessing Poultry Meat Texture. In: *American Meat Science Association*.
- HONIKEL, K. O. (1998), Reference Methods for the Assessment of Physical Characteristics of Meat. In: *Meat science*, 49 (4), 447–457.
- LAWLESS, H. T. & HEYMANN, H. (1998), *Sensory evaluation of food. Principles and practices*. Springer Science+Business Media, New York.
- LEE, Y. S., OWENS, C. M. & MEULLENET, J. F. (2008), The Meullenet - Owens Razor Shear (MORS) for predicting meat tenderness: Its applications and optimization. In: *Journal of Texture Studies*, 39 (6), 655–672, doi: 10.1111/j.1745-4603.2008.00165.x.
- LEE, Y. S., SAHA, A., XIONG, R., OWENS, C. M. & MEULLENET, J. F. (2008), Changes in broiler breast fillet tenderness, water-holding capacity, and color attributes during long-term frozen storage. In: *Journal of food science*, 73 (4), 162-168, doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00734.x.
- LEE, Y. S., XIONG, R., OWENS, C. M. & MEULLENET, J. F. (2016), Noninvasive Deformation Test for the Tenderness Classification of Broiler Breast Meat. In: *Journal of Texture Studies* (47), 68–73, doi: 10.1111/jtxs.12161.

- LEE, Y. S., YOUM, G., OWENS, C. M. & MEULLENET, J. F. (2011), Optimization of consumer acceptability and sensory characteristics for marinated broiler breast meat. In: *Journal of food science*, 76 (8), 478-484, doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02355.x.
- LOEFFLER, K. & GÄBEL, G. (2015), *Anatomie und Physiologie der Haustiere*. Ulmer, Stuttgart.
- LOVE, B. E. & GOODWIN, T. L. (1973), Effects of Cooking Methods and Browning Temperatures on Yields of Poultry Parts¹. In: *Poultry Science* (53), 1391–1398.
- LYON, B. G. & LYON, C. E. (1998), Assessment of Three Devices Used in Shear Tests of Cooked Breast Meat. In: *Poultry Science* (77), 1585–1590.
- LYON, C. E., HAMM, D. & THOMSON, J. E. (1985), pH and Tenderness of Broiler Breast Meat Deboned Various Times After Chilling. In: *Poultry Science* (64), 307–310.
- MELLO, J. L. M., SOUZA, R. A., FERRARI, F. B., GIAMPIETRO-GANECO, A., SOUZA, P. A. & BORBA, H. (2018), Effects of aging on characteristics of breast meat from free-range broiler hens at 12 or 70 weeks of age. In: *Animal Production Science*, 58 (9), 1726, doi: 10.1071/AN16523.
- MÖRLEIN, D. (2018), Vortrag: Fleischbildung und Fleischbeschaffenheitsmerkmale, Bachelor-Modul Agrarwissenschaften: Qualität tierischer Erzeugnisse, Georg-August-Universität Göttingen, 02.11.2019
- PETRACCI, M. & BAÉZA, E. (2011), Harmonization of methodologies for the assessment of poultry meat quality features. In: *World's Poultry Science Journal*, 67 (1), 137–151, doi: 10.1017/S0043933911000122.
- PIÓRKOWSKA, K., NOWAK, J. & POŁTOWICZ, K. (2015), The normalisation of CAPN gene expression in *M. pectoralis superficialis* in broiler lines differing in growth rate and their relationship to breast muscle tenderness. In: *British poultry science*, 56 (4), 452–458, doi: 10.1080/00071668.2015.1058918.
- QUDSIEH, R. I., SMITH, D. P. & BRAKE, J. (2018), Effect of elevated dietary inorganic zinc on live performance, carcass yield, and quality of male and female broilers. In: *POULTRY SCIENCE*, 97 (11), 4122–4130, doi: 10.3382/ps/pey274.
- RISTIC, M. (1984), Methoden zur objektiven Beurteilung der Fleischbeschaffenheit. In: *Fleischwirtschaft* (64), 1340–1349.

- SALAMA, N. A. (1993), Evaluation of two cooking methods and precooking treatments on characteristics of chicken breast and leg. In: *Grasas-y-Aceites* (44), 25–29.
- SEBOLA, N. A., MLAMBO, V., MOKOBOKI, H. K., HUGO, A. & MUCHENJE, V. (2018), Comparison of meat quality parameters in three chicken strains fed *Moringa oleifera* leaf meal-based diets. In: *The Journal of Applied Poultry Research*, 27 (3), 332–340, doi: 10.3382/japr/pfy001.
- SIELAFF, H. (1996), *Fleischtechnologie*. Behr's, Hamburg.
- STABLE MICRO SYSTEMS (2019), Meat and Fish Texture Measurement. <https://www.stablemicrosystems.com/MeatAndFishTesting.html> (01.07.2019).
- STIEBING, A., UPMANN, M., SCHMIDT, B. & THUMEL, H. (2011), Sensorische Analyse - Sensorik von Frischfleisch. Beeinflussende Faktoren und Untersuchungsmethoden. In: *DLG-Arbeitsblätter Sensorik* (05).
- THIELKE, S. (2002), Physikalisch-chemische, sensorische und mikrobiologische Untersuchungen zur Reifung der Brustmuskulatur von Jungmasthühnern.
- THOMSON, J. E., LYON, C. E., HAMM, D. & DICKENS, J. A. (1986), Effects of Electrical Stunning and Hot Deboning on Broiler Breast Meat Quality. In: *Poultry Science* (65), 1715–1719.
- WYCHE, R. C. & GOODWIN, T. L. (1974), Hot-Cutting of Broilers and Its Influence on Tenderness and Yield. In: *Poultry Science* (53), 1669–1675.
- XIONG, R., CAVITT, L. C., MEULLENET, J. F. & OWENS, C. M. (2006), Comparison of Allo-Kramer, Warner-Bratzler and razor blade shears for predicting sensory tenderness of broiler breast meat. In: *Journal of Texture Studies* (37), 179–199.
- YALÇIN, S., GÜLER, H. C., YAŞA, İ., TURGAY İZZETOĞLU, G. T. & ÖZKAN, S. (2014), Effect of breeder age and slaughter weight on meat quality traits of broiler breast and leg meats. In: *Europ.Poult.Sci.* (78).
- YU, L. H., LEE, E. S., JEONG, J. Y., PAIK, H. D., CHOI, J. H. & KIM, C. J. (2005), Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. In: *Meat science*, 71 (2), 375–382, doi: 10.1016/j.meatsci.2005.04.020.

- ZEIGER, E. (2016), Einfluss von Laurinsäure im Futtermittel auf Schlachtkörperparameter und Fleischqualitätskriterien sowie das Vorkommen von *Campylobacter* spp. bei verschiedenen Broilergenetiken. DVG Service, Gießen.
- ZHAI, W., SCHILLING, M. W., JACKSON, V., PEEBLES, E. D. & MERCIER, Y. (2016), Effects of dietary lysine and methionine supplementation on Ross 708 male broilers from 21 to 42 days of age (II): breast meat quality. In: *The Journal of Applied Poultry Research* (25), 212–222.
- ZHUANG, H. & SAVAGE, E. M. (2008), Validation of a combi oven cooking method for preparation of chicken breast meat for quality assessment. In: *Journal of food science*, 73 (8), 424-430, doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00931.x.

8 Anhang

E-Mail mit folgenden Dateien:

- Dateneingabe.xlsx
- Anpasste_Dateingabe.xlsx
- Statistische_Auswertung.r
- Runge, Lisa-Bachelorarbeit.docx
- Runge, Lisa-Bachelorarbeit.pdf
- TA.XTplus – Video.mp4

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken entnommene Stellen habe ich unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Die Richtlinien zur Sicherung der guten wissenschaftlichen Praxis an der Universität Göttingen wurden von mir beachtet.

Eine gegebenenfalls eingereichte digitale Version stimmt mit der schriftlichen Fassung überein.

Mir ist bewusst, dass bei Verstoß gegen diese Grundsätze die Prüfung mit nicht bestanden bewertet wird.

Göttingen, den 06.08.2019

Lisa Sophie Runge